REVUE GENERALE DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUEES
ET BULLETIN DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES
TOME LXVII Juillet-Août 1960 Nos 7-8

BILANS MÉTABOLIQUES ANORMAUX
et transmutations biologiques

par L. KERVRAN.

PREMIERE PARTIE

Exposé des faits.

A. — *EXPERIENCE SUR DES PLANTES.*

On sait que les premières constatations « troublantes » faites sur les bilans de divers éléments au cours de la croissance des plantes, remontent au siècle dernier : expérience de Vogel, en 1844, expériences de Von Herzeele (de 1873 à 1883). Le premier constata une augmentation de la quantité de soufre ; le second reprit l'expérience de son prédécesseur, l'étendit à d'autres éléments, et constata des bilans inexplicables pour le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore, le soufre (1).

Il a fallu près de 80 ans pour qu'un esprit curieux se penche à nouveau sur le problème. Ce fut Baranger, professeur et chef du Laboratoire de Chimie organique à l'Ecole Polytechnique. Il constata que l'addition de calcium à l'eau bidistillée aboutissait à une augmentation « spontanée » de 10 % de la quantité de potassium (1).

B. — *MESURES SUR L'HOMME.*

Des phénomènes analogues ont été observés sur les hommes.

1. *Au Sahara.* — Lors d'une mission qui nous fut confiée par le Ministre du Sahara en avril 1959, dans la région d'Ouargla-Hassi-Messaoud-El Gassi, le comportement du personnel effectuant des travaux de force en plein soleil, sur plateforme métallique, retint notre attention et nous pûmes disposer de tableaux de mesures faites en 1958, par Prohuza (1).

(1) Voir références (bibliographie).

Les bilans des matières ingérées et excrétées ont été établis ; s'ils sont positifs c'est que cette valeur positive (de l'ingestion) correspond en principe à une excrétion sudorale. Les équipes ont été suivies pendant 6 mois, d'avril inclus à septembre inclus, ce qui écarte toute erreur sur une accumulation progressive dans l'organisme, ou, à l'inverse, une mobilisation tendant à prélever sur les réserves du corps.

a) *Lien sodium-potassium.* — En avril, on constate un bilan positif (moyenne pour toute l'équipe de travailleurs) de 70 m. Eq/j. (milli-équivalents/jour) pour le potassium et 60 fin septembre. Mais il est de 94 en juillet, ce qui représente une excrétion, par la sueur, de 50 % de plus de potassium par forte chaleur.

En 1953, des Américains, dirigés par Bass, en laboratoire de physiologie, ont recueilli la sueur et constaté que le potassium excrété, par forte sudation, est supérieur à celui qui est ingéré. Aucune explication convenable ne fut trouvée (les rares prélèvements de sueur au Sahara ont aussi montré cette teneur élevée en potassium).

Au Sahara, le dosage de Na et de K ayant été fait, d'après les tableaux des bilans, la variation du rapport Na/K est la suivante : 1,7 en avril - 1,6 fin septembre - 1,1 en juillet ; le rapport Na/K est de 50 % plus élevé en avril et en septembre qu'en juillet.

L'ion chlore ayant été mesuré séparément, nous calculons le rapport Cl/Na :

avril	: Cl = 112	— Na = 119	— Cl/Na = 0,94
juillet	: Cl = 157	— Na = 103	— Cl/Na = 1,52
septembre	: Cl = 81	— Na = 98	— Cl/Na = 0,82

Nous ne citons que ces mois repères, mais aux autres périodes intermédiaires nous avons fait les mêmes calculs et toujours Cl/Na<1, sauf en juillet où il est plus élevé de 50 %. Donc :

— il y a plus de potassium excrété par forte chaleur ;
— ce potassium supplémentaire est excrété par la sueur ;
— par forte chaleur, la proportion de potassium excrété dans la sueur augmente par rapport au sodium ;
— à ce moment la proportion de chlore augmente par rapport au sodium ;
— la variation des rapports pour les périodes considérées se recoupe (même valeur, sensiblement 50 %).

Il convient d'ajouter qu'en juillet, à ce poste de travail de 12 à 20 heures, la température extérieure, à l'ombre, dépassait celle du corps humain, que les ouvriers étaient en plein soleil, que la quantité de sueur évaporée (calculée par différence, entre l'ingestion sous forme de boisson et par les aliments, et l'excrétion par les selles et l'urine) n'était que de 4 à 5 litres par jour et qu'il n'y a jamais eu d'hyperthermie.

b) *Lien sodium-magnésium.* — Dans 80 % des cas, les bilans du magnésium étaient négatifs, c'est-à-dire que l'excrétion, seulement par les selles et les urines, était supérieure à l'ingestion, et ceci pendant les 6 mois consécutifs. Cet excédent des excrétions sur l'ingestion n'a donc pu provenir des réserves du corps. Voici quelques chiffres, moyennes de chaque équipe, pendant chacun des mois : mai = 11,5 ; juin = 8,4 ; juillet = 18,5 ; août = 16 ; septembre = 11 en m Eq/j ; donc excrétion plus considérable en juillet-août.

c) *Liens magnésium-calcium et magnésium-phosphore.* — En comparant aussi les bilans du calcium et du phosphore avec ceux du magnésium, on note que les deux premiers sont liés au troisième.

Lorsque le bilan du calcium est négatif, celui du phosphore l'est aussi, et chacun de ces cas correspond à un bilan négatif du magnésium.

Par contre, dans 20 % des cas, le bilan du magnésium est positif, et à ces cas correspond aussi un bilan positif du calcium et du phosphore.

Ainsi phosphore et calcium apparaissent liés au magnésium.

2. *Oxycarbonisme sans oxyde de carbone.* — Depuis 1956, nous avons groupé des résultats, à la suite d'enquêtes faites par nos collaborateurs, montrant que, chez les ouvriers soudeurs, et oxycoupeurs, l'oxycarbonémie était constatée à chaque mesure : l'imprégnation oxycarbonée atteint de 4 à 5 fois le seuil de toxicité, et les prélèvements d'air faits au niveau des voies respiratoires montrent qu'il n'y a pas d'oxyde de carbone respiré. Des accidents mortels par œdème du poumon, décelés à l'autopsie, confirment un diagnostique classique de mort des soudeurs par inhalation de vapeurs nitreuses montrant qu'il y a production d'azote activé.

C. — *OBSERVATIONS EN BIOLOGIE ANIMALE.*

Poules. — En pays granitique, là où se trouvent tous les éléments de désagrégation du granite, hommes et animaux ont un squelette calcaire, sans qu'il y ait de calcaire dans le sol.

Les poules y pondent un œuf à coquille calcaire.

Ceci n'est pas le cas dans les régions plus érodées, où le sol a été depuis longtemps « lessivé » et où il n'y a que silice et argile. Des décalcifications du squelette s'observent aussi dans ces dernières régions.

Là où se trouvent encore les composants du granite, nous avions observé que les poules pondeuses picorent à longueur de journée les petites écailles de mica.

Pour voir si c'était ce mica qui permettait à la poule de donner tous les jours, à la saison de ponte — plusieurs années consécutives — une coquille d'œuf calcaire, nous avons fait la vérification suivante (à Versailles).

Dans un poulaillier, au sol formé d'argile et de rognons de silex, des poules pondeuses sont laissées sans sable calcaire (normalement mis à leur disposition) jusqu'à ce qu'elles pondent un œuf à coquille molle, au début de la matinée. Au début de l'après-midi nous leur apportâmes du mica, elles se jetèrent dessus avec avidité, bien que ce fut la première fois que ces poules voyaient du mica ; le lendemain la coquille calcaire réapparaissait.

Le mica provenait d'une carrière de kaolin de Ploemeur (Morbihan), il avait été épuré par flottation ; il répondait à la formule :

SiO_2 = 51,6 % ; Al_2O_3 = 31,8 % ; K_2O = 4,8 ;
Fe_2O_3 = 1,7 ;

perte au feu ≐ 8,1 ; total : 98 % ; le reste, de faibles quantités d'oxyde de titane, de magnésium, de sodium et de calcium.

L'argile ne pouvait donner une coquille dure ; donc ni Si, ni Al n'étaient en cause. Le seul élément nouveau introduit par le mica est K.

Les oligo-éléments ne peuvent jouer, puisque les poules n'en trouvaient pas sur leur aire d'argile ; leur nourriture ne fut pas changée. Il fut distribué environ 200 g de mica par poule, et les coquilles pesaient en moyenne 7 g ; ce n'est donc pas la faible teneur en CaO (0,3 %) du mica qui a suffi, et on ne peut dire que c'est l'absorption de K qui a mobilisé le Ca du squelette... car en terrain granitique cette mobilisation ne peut durer toute une vie de poule ; émettre cette opinion serait d'ailleurs déplacer le problème, car d'où viendrait le calcaire renouvelé du squelette ?

DEUXIEME PARTIE

Interprétation

Notre hypothèse. — Nous remarquions que les métasomatoses observées étaient en fait des transmutations. Mais ces transmutations n'étaient ni des fusions, ni des fissions, suivant les lois classiques en énergie atomique. Il y avait donc dans le métabolisme des êtres vivants un autre phénomène, lié à la vie en quelque sorte, et que nous ne savons pas reproduire *in vitro*, pour le moment du moins. On nous a objecté que c'était impos-

sible... par suite des barrières électrostatiques, de la répulsion coulombienne des noyaux. Cet argument nous paraît insuffisant : dans les corps en solution, il n'y a pas répulsion des électrons ; au contraire, ils « s'accrochent » ; pour expliquer ceci il a fallu inventer une nouvelle théorie, celle d'Arrhénius (et d'ailleurs toutes les réactions chimiques sont des « rapprochements » des couronnes périphériques d'électrons, qui s'échangent). Il est probable qu'il existe une autre loi, à découvrir, qui, dans les solutions que sont les tissus vivants, permettrait d'expliquer que les protons eux aussi peuvent s'unir, en ne mettant en jeu que des énergies très faibles, de l'ordre de l'électron-volt, ou se séparer, inversement, en dégageant de très faibles énergies. Et ces « frittages » de noyaux (car ils ne fusionnent pas en une masse indifférenciée), ou leurs « clivages », se feraient avec des énergies de l'ordre de celles mises en œuvre dans la nature vivante par la dissociation et la formation des molécules d'eau.

Ce qui renforce cette hypothèse, c'est que les principales transmutations observées et signalées ci-dessus se font par addition ou soustraction d'atomes H ou O. *Cette observation capitale, jamais signalée à ce jour*, est grosse de conséquence, car elle ouvre des perspectives nouvelles sur la réduction et l'oxydation chimiques, mais conduit à constater que tous les noyaux ne sont pas des amas homogènes de nucléons. Certains éléments, dits « corps simples », sont des noyaux composés de « noyaux primaires » liés par des énergies très faibles ; ce sont des « constructions d'éléments préfabriqués » et les atomes O et H sont en quelque sorte déjà « individualisés » au sein du noyau (mais il est d'autres noyaux, eux aussi « individualisés », le lithium, par exemple) et quelques éléments peuvent se grouper par deux noyaux, puis se dédoubler, les réactions étant réversibles : c'est ainsi que certains noyaux relativement stables, tels que C, N et O peuvent se « fritter » par paires, pour donner respectivement Mg, Si et S ; nous reverrons ceci.

Nous allons passer en revue rapidement les réactions qui nous paraissent rendre compte des phénomènes sus-décrits.

1. *SODIUM-POTASSIUM.*

Nous avons vu que le potassium est excrété sous forme de chlorure. Le sodium diminue, le potassium augmente, de ce fait le chlore augmente par rapport au sodium.

Nous proposons la réaction suivante :

$$^{23}_{11}\text{Na} + ^{16}_{8}\text{O} \rightarrow ^{39}_{19}\text{K} - \text{C calories}$$

C'est là une réaction endothermique de défense de l'organisme contre l'hyperthermie ; car il est certain que la vaporisation de 4 à 5 litres de sueur par jour, le double même, ne peut en aucune façon justifier l'équilibre thermique d'un travailleur

de force, en plein soleil, de 12 à 20 h, subissant en outre la réflexion de la chaleur sur la plateforme métallique, et par des températures ambiantes qui, même sur la partie du corps non exposée au soleil, dépassent 37° C. Nous ne voyons aucune autre hypothèse plausible.

On rapprochera de ceci le fait bien connu de la « faim de sel » dans les pays chauds et chez tous les travailleurs exposés à la chaleur.

2. *SODIUM-MAGNESIUM.*

Le magnésium, excrété en quantité supérieure à l'ingestion, ne semble avoir pour origine que le sodium du sang, seul élément dont on a « faim », et nous proposons :

$$^{23}_{11}Na + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{24}_{12}Mg$$

(nous reverrons ceci plus loin).

3. *MAGNESIUM-PHOSPHORE et MAGNESIUM-CALCIUM.*

Ici nous aurions les réactions.

$$^{24}_{12}Mg + ^{16}_{8}O \rightarrow ^{40}_{20}Ca$$

$$^{24}_{12}Mg + ^{7}_{3}Li \rightarrow ^{31}_{15}P$$

4. *INTERPRETATION DE LA PRESENCE DU LITHIUM.*

La source commune, la « genèse-unitaire » de Ca et de P semble bien être le magnésium (et ceci n'est peut-être pas sans relation avec l'équilibre, assez constant, entre Ca et P dans l'organisme). Quelques essais sur les plantes montrent aussi le lien de Ca et de P ; toutefois ces expériences ne nous semblent pas avoir été conduites de façon à séparer nettement les réactions et ceci sera à revoir. Sur l'organisme humain le rapport direct entre Ca et P ne nous est pas apparu ; c'est un lien indirect, à partir de la source commune : Mg.

La réaction Mg + Li est une simple hypothèse, mais nous n'en voyons pas d'autres. Aucune expérience, à notre connaissance, n'a mis en évidence la présence de Li ; mais ce n'est qu'un élément de transition, et nous pensons qu'il provient de Na, dans le sang (dans les roches il semble plutôt venir de K et constitue un élément important en métallogenèse).

On a :

$$^{23}_{11}Na - ^{16}_{8}O \rightarrow ^{7}_{3}Li$$

Cette hypothèse n'est pas une simple vue de l'esprit, car nous avons plusieurs recoupements empruntés au monde minéral et à la cosmologie. Le schéma du noyau montre aussi que Li conserve la même position de « clivage » dans K.

5. *TRANSMUTATION K-Ca.*

Elle est réversible dans la nature ; par exemple, probablement au niveau de l'oviducte, la poule « fabrique » :

$$^{39}_{19}K + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{40}_{20}Ca$$

Mais dans la plante (vesce de Cerdagne) BARANGER en ajoutant Ca obtient K :

$$Ca - H \rightarrow K$$

tandis que Von HERZEELE montre la réaction inverse dans une autre plante, ajoutant K pour avoir Ca.

TRANSMUTATION $N_2 \rightarrow C + O$ ($\rightarrow ^{28}_{14}Si$)

L'atome d'azote N est stable ; on l'utilise comme « gaz neutre ». Mais sous l'effet de la haute température de l'arc ou du chalumeau, en soudure, il y a accroissement de l'agitation électronique ; ses électrons accélérant leur vitesse, augmentant leur énergie, il y a modification énergétique du cortège électronique ; pour l'équilibre de l'atome, le groupe de particules positives (protons) doit modifier son comportement ; il y a interréaction du cortège électronique sur le noyau ; l'atome d'azote est activé, et il peut se réunir en molécules N_2, très sensibles, proches du déséquilibre. Cette activation lui enlève ses propriétés de « gaz neutre ». L'atome activé N peut aussi se combiner à O et produire des « vapeurs nitreuses », mélange de combinaisons d'azote, N et N_2 avec O. Ceci est bien connu en soudure. C'est une confirmation qu'il y a production d'azote activé ; or N_2 peut se « cliver » en C + O, qui peuvent alors se combiner chimiquement pour donner CO ; on a donc des cas d'oxycarbonisme (prouvés) sans absorber de CO (prouvé) mais en absorbant N activé (prouvé) ; seul N_2 paraît donc à l'origine du CO.

A ce sujet, ils nous a été indiqué un rapprochement : Henry SPINDLER déclare que la molécule d'azote N_2 correspond « à la même structure que l'oxyde de carbone CO. Ces deux gaz présentent de ce fait une grande ressemblance dans leurs constantes physiques (isostérisme de Langmuir »), SPINDLER n'étudiait que les molécules (organiques surtout) mais deux atomes d'azote activé peuvent aller au-delà de la liaison de leurs électrons, pour lier leurs noyaux, et ce n'est plus une molécule N_2, mais un atome nouveau.

Nous avons aussi, par divers recoupements, pensé que N_2 a deux façons de regrouper ses noyaux (il y a deux plans de

Nota :

1. (Li + H) est instable et n'existe pas isolé ; il ne peut apparaître que lié à un autre noyau plus stable ; deux « feuillets » (Li + H) accolés restent instables, mais beaucoup moins et la durée de vie de ce nouveau noyau, c'est... le Carbone 14.

2. La configuration ci-dessous est purement schématique, et les paires de nucléons ont été espacées pour la clarté du dessin.

clivage). Les bacilles nitrifiants au niveau des racines des plantes « fixent » (?) l'azote.

Mais la plante qui reçoit ainsi de l'azote activé peut l'utiliser soit sous la forme Si (tige des céréales, par exemple, où Si = 65 à 70 % des sels minéraux) ou sous forme de C + O utilisant C et O pour produire des hydrates de carbone. Ce qui expliquerait le rôle des engrais nitriques.

7. *DIVERS : Mg→2C.*

L'étude de la structure du noyau de Mg nous a montré la probabilité d'un plan de clivage (plan fictif, lieu géométrique des résultantes minimales des forces de liaison), tel que le noyau peut se couper en deux parties égales pour donner deux noyaux C ; nous reverrons plus loin des recoupements observés confirmant ceci.

8. *SOUFRE ENDOGENE.*

Le soufre, constituant des principaux composés organiques vitaux : glutothion, vitamines B et C (avec le phosphore : A.D.N., etc.), peut être fabriqué en abondance par certaines plantes (expérience de VOGEL).

Ceci peut se faire par plusieurs voies, dont :

$${}^{16}_{8}O + {}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{32}_{16}S$$

$${}^{31}_{15}P + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{32}_{16}S$$

VOGEL n'avait pas dosé P ; on ne peut donc indiquer quelle est la réaction qui s'est produite.

Von HERZEELE par contre a montré qu'il y avait lien entre P et S, essais effectués sur diverses plantes.

9. *EXEMPLE DE CONFIRMATION : Le salpêtre.*

Pendant des siècles, le salpêtre a été la seule source de nitrate de potasse ; on le trouve sur les murs chauds et humides (étables, régions côtières), sur le sol calcaire des pays à alternances de saisons humides et chaudes et de périodes sèches, il se développe au début de la saison sèche : les bactéries ont besoin d'eau (?). Il se produit à partir de la chaux des mortiers. Le salpêtre brut est un mélange de nitrate de chaux (Ca non transmuté), de potasse (Ca — H → K) et de magnésie (Ca — O → Mg). Ainsi, dans le sein du noyau Ca, les bactéries « picorent » H et O, et laissent K et Mg. Tout le monde, depuis des siècles, a constaté ceci... sans y penser ! Rapprochons aussi de ce fait les bactéries qui transmutent le calcaire des monuments (maladie de la pierre).

10. *STRUCTURE DU NOYAU.*

Nous indiquons sur un croquis ci-joint le schéma de quelques noyaux, montrant la conception qui résulte de notre exposé.

TROISIEME PARTIE

Extension-Applications

L'extension des hypothèses précédentes permet d'expliquer facilement bien des observations faites par tous, et pour lesquelles, jusqu'à ce jour, l'esprit restait insatisfait.

Voici quelques exemples :

I. *APPLICATIONS AU MONDE MINERAL.*

Des raisonnements analogues peuvent être appliqués en minéralogie pour expliquer de nombreuses associations observées entre les minéraux, voire même la genèse de certains d'entre eux.

Ainsi, *la formation de la dolomie* au détriment du calcaire peut résulter du clivage de l'ion Ca, suivant la réaction :

$$Mg_{24} + O_{16} \rightleftharpoons Ca_{40}.$$

(Rappelons à ce propos que la synthèse de la dolomie a été réalisée par Baron et Favre) (1). Il s'agit ici de ce que les géologues appellent une « métasomatose ». Ce mot masque bien l'ignorance de la nature des processus en œuvre, alors que ces processus peuvent être des transmutations.

Pétrole. — *Le magnésium nous amène au pétrole,* si fréquemment associé à des dolomies (notamment à Parentis). On a, en effet :

$$Mg_{24} \rightarrow 2\ C_{12}$$

carbone qui, sous pression, en présence d'eau, peut donner des hydrocarbures. En liant cette relation avec la précédente, on voit que la formation de Mg aux dépens de Ca libère de l'oxygène, lequel peut, en s'associant au C, donner le CO_3 nécessaire à la synthèse de la dolomie.

En remarquant, d'autre part, que $Na_{23} + H_1 \rightarrow Mg_{24}$, on suggère une explication à la coexistence fréquente du pétrole et du sel.

L'ensemble des formules ci-dessus montre *qu'on peut avoir du carbone et du pétrole d'origine purement minérale, sans matière organique à l'origine.*

---

(1) *Revue de l'Institut National du Pétrole*, fin 1959.

De ces considérations, on peut déduire, par des raisonnements qui dépassent le cadre de cette note, d'intéressantes indications pour la prospection.

Métaux. — De nombreuses associations entre métaux peuvent s'expliquer par des processus analogues. Donnons quelques exemples :

— *Silicium et aluminium,* si abondamment liés dans la nature (argiles), sont liés par la relation simple :

$$Al \rightarrow Si - H.$$

— *Lithium.* — Le lithium semble jouer un rôle particulièrement important dans le genre de transformations suggérées dans cette note. Il permet, en effet, d'expliquer toute une série d'associations :

— Ti et Mn dans les formations alumineuses, par les relations :

$$Al + 3\,Li \rightarrow Ti$$
$$Al + 4\,Li \rightarrow Mn\ ;$$

— l'association du chrome et des minéraux magnésiens, suivant la relation :

$$Mg + 4\,Li \rightarrow Cr$$

— l'association du fer et des formations siliceuses, par la relation :

$$Si + 4\,Li \rightarrow Fe\ ;$$

— etc.

Formation des carbonates. — La relation $Si \rightarrow C + O$ suggère une possibilité de formation de carbonates de métaux (fer, notamment) en profondeur, à l'abri de l'air.

Formation des sulfures. — Le soufre peut se former en dehors de tout apport volcanique (si souvent plus qu'hypothétique) ou organique, par les relations :

$$4\,Na \rightarrow 4\,Li + 4\,O \text{ (ou } 4\,K \rightarrow 4\,Li + 8\,O)$$
$$\text{et } 4\,O \rightarrow 2\,S.$$

Du phosphore peut aussi résulter de la perte d'un proton par le soufre.

Ces quelques exemples sont loin d'épuiser les cas que nous avons notés parmi ceux auxquels peut s'appliquer notre hypothèse générale, et qui la soutiennent.

II. *AGRICULTURE.*

Il est facile de rapprocher un grand nombre d'observations que chacun a pu faire.

Dans le goémon, il y a de la soude. Le goémon est utilisé comme engrais depuis des générations, en bordure des côtes ; or dans les plantes terrestres il y a surtout de la potasse ; en outre, malgré la prolongation de cette pratique, on ne note pas que la terre devient sodique ; le sodium a donc été enlevé par les plantes et transmuté en potassium.

Mêmes observations si on utilise du nitrate de soude au lieu du nitrate de potasse. Rappelons aussi les expériences, de Von Herzeele, qui a montré la même transmutation dans les plantes, de soude en potasse.

Et nous avons vu comment les nitrates peuvent donner C + O, d'où des plantes de belle apparence ; les nitrates empêchent la « verse » des céréales car, nous l'avons signalé aussi, $N_2 \rightarrow Si$, de sorte que l'on aura des tiges riches en silice, très solides.

A défaut de calcaire, on peut amender des sols par du mica, déchets de lavage des kaolins et actuellement perdus.

Une vache donne du lait contenant du calcium organique, même dans les régions sans calcaire. Mais on sait avec quelle avidité elle lèche le salpêtre des murs ou le sel marin qu'on lui donne, et ce qui précède fait comprendre les réactions qui aboutissent au calcium, à partir de Na ou de K.

III. *BIOLOGIE-MEDECINE*. — Exemple de la silicose.

Bien des comportements inexpliqués du corps humain s'éclairent et prenons pour exemple la silicose.

Chez certains sujets elle n'apparaît que plusieurs années : 5, 10, 15 ans même après la cessation de l'exposition à la poussière de silice libre (SiO_2, sous certaines formes).

Nous sommes arrivés à émettre l'hypothèse nouvelle du processus suivant :

L'exposition à la silice est la cause initiale, il s'est produit une réaction (inconnue) de défense de l'organisme, avec une intensité telle que, affaibli, ce mécanisme de défense est devenu déficient et dès lors le mal est irréversible, un silicotique est condamné ; on ne sait pas le guérir. Le poumon peu à peu se ponctue de « grains de mil » atteignant tout le tissu, uniformément.

Nous pensons que cette silice est endogène. Elle doit provenir de l'azote respiré (nous avons vu ceci pour les plantes). Chez un sujet normal, la silice absorbée est dissociée au niveau du poumon (par une action métabolique à rechercher) $Si \rightleftarrows N_2$, réversible.

Ce n'est là qu'un schéma, car il est possible aussi que la silice provienne d'un trouble de l'excrétion de C et O au niveau du poumon : il y a formation de silice, qui n'étant plus décomposée en 2 N, gaz expulsé, se fixe au poumon.

Ceci montre que des recherches sont encore à faire.

RECHERCHES A VENIR.

Les exemples précédents amorcent la voie de quelques recherches à venir.

Nous estimons que ces exemples sont assez concordants pour reconnaître que, au moins dans le métabolisme hydrominéral des animaux et des plantes, ces transmutations sont évidentes.

Elles demanderont à être précisées, tant qualitativement que quantativement, afin de remonter aux mécanismes de ces transmutations.

C'est ainsi que les bilans anormaux constatés dans les plantes (et nous n'avons cité ici qu'une très petite partie des observations afin de limiter cet exposé), parce que les expérimentateurs ont simplement établi ce caractère anormal, sans pénétrer le mécanisme, ne permettent pas toujours la séparation des réactions. Nos recherches sur l'être vivant nous ont montré que plusieurs éléments se transmutent : si des pesées sur la plante montrent, par exemple, que lorsque le calcium augmente et que le phosphore diminue, nous ne sommes pas en droit de conclure que c'est le phosphore qui a donné le calcium : la diminution du phosphore peut être due à ce que le soufre a augmenté, il eut donc fallu doser aussi le soufre, mais penser également à la source : $O_2 \rightarrow S$ et à d'autres.

Nous estimons que plusieurs de ces expériences seraient à reprendre en dosant :

Li, Na, Mg, P, S, K, et Ca,

puisque ce sont là les éléments liés entre eux.

D'autres expériences seraient à faire en dosant N, C, O, Si. Un Russe, Krascheninnkoff (cité par W. Branfield), a calculé que seulement une partie du CO absorbé par les plantes se retrouve, en poids, sous forme d'hydrates de carbone. Qu'est devenu le reste ? Notre hypothèse donne une explication.

Il y aurait également à voir le lien $Mg \rightarrow C_2$ et ici il y a aussi des observations : sans apport de Mg, la chlorophylle se développe au soleil, et elle contient Mg (venu de C, de Na, de P, de S ou de Ca ? — ce serait à vérifier).

Ceci nous permettra peut-être de revoir de plus près le métabolisme du carbone et du magnésium dans le corps humain ; car si le magnésium peut provenir du sodium (plasma du sang, eau de mer...), nous n'excluons pas une autre origine au magnésium organique ; comme presque toujours il est excrété plus de magnésium qu'il en est absorbé, on peut se demander si ceci n'est pas lié au métabolisme des hydrates de carbone ; ceux-ci, ingérés en excédent, s'éliminent par les selles et les urines, mais n'y a-t-il pas d'autres voies : H et O des hydrates de carbone s'éliminent en plus par la sueur et la respiration ; C et O sous forme de CO_2, mais n'y a-t-il pas une autre voie, insoupçonnée jusqu'à présent, pour C, suivant la réaction $C_2 \rightarrow Mg$?

On pourrait voir sur la plante si cette réaction est bien celle qui donne Mg dans la chlorophylle, par des pesées, car le marquage par isotopes radioactifs est évidemment impossible.

Dans le monde animal, la poule offre un moyen rapide et facile de contrôle pour certaines transmutations.

On pourrait « élever » des bacilles du salpêtre... On serrera ainsi de plus près les mécanismes qui sont à l'origine, « les métastases », « les catalyseurs » et peut-être ainsi pourrons-nous réaliser *in vitro* des réactions dans peu de temps, produire à volonté charbon, pétrole, ou les métaux ; des recherches *in vitro* sont en cours sur les réactions ici étudiées mais il est trop tôt pour en parler.

Quelques-unes sont possibles, en l'état actuel de nos connaissances et nous pouvons signaler des précédents, dans un autre domaine : c'est ainsi que Jacques BERGIER et HELBRONNER, dans un texte sous pli cacheté déposé à l'Académie des Sciences en 1939, faisaient état des réactions ci-après qu'ils ont réalisées :

$$ {}^{186}_{74}W + {}^{11}_{5}B \rightarrow {}^{197}_{79}Au $$

$$ {}^{186}_{74}W + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{187}_{75}Re $$

Ils avaient obtenu de l'or et du rhénium 187.

Elles demeurèrent inexpliquées ; ce n'étaient pas des fusions atomiques, il semble donc que certains atomes lourds également (or, rhénium...) sont des « frittages » d'éléments légers accolés au tungstène (ici l'isotope 186).

Sur le plan biologique, il est indiqué aussi de multiplier les expériences dans des horizons très divers et, par exemple, sans calcaire, dans une eau de mer artificielle, voir si coquillages, coraux, crustacés ne font pas leur calcaire à partir du magnésium, etc. (on connaît les diatomées, qui « fabriquent » de la silice...).

Ce sont en tous cas des voies nouvelles, immenses, qui s'ouvrent à de nombreuses branches de la science : physique, chimie, géologie, cosmologie, biologie, agriculture, élevage, médecine, etc...

Bibliographie

PROHUZA : « Métabolisme hydrominéral et bilan calorifique du travailleur de force en zone saharienne ». Ronéotypé, Paris, 1959.

VOGEL : Expérience citée dans Berzélius, *Traité de chimie minérale, végétale et animale*, 2e éd., Paris, 1849.

BARANGER : Interview par Aimé Michel, dans *Science et Vie*, avril 1959.

SPINDLER Henry : *Les nombres structuraux en chimie*, Hermann, éd., Paris, 1938.

Von HERZEELE : Communication reproduite en annexe dans *Substanzlehre*, par Rudolf Hauschka, Francfort, 1950.

W. BRANBIELD : *Continuous creation*, Londres, 1950.

J. LOMBARD (avec M. CHAPUT, J. LORMAND et H. MICHEL) : *Bull. Société Géologique de France*, 6e série, t. IV, 1954, « Granites et traces d'étain, dans le Nord-Cameroun » (dans le métamorphisme, cite les anomalies des alcalins et des passages de K à Ca, ou inversement, qui posent des points d'interrogations ; de même que des accroissements aberrants du fer dans la roche).

Les infections phytopathogènes d'origine tellurique

par G. VIENNOT-BOURGIN,
Professeur à l'Institut national agronomique.

INTRODUCTION

Les études relatives à la biologie des champignons qui provoquent des maladies des végétaux se rapportent le plus souvent à des parasites vivant dans l'air, susceptibles d'entraîner des désordres organiques aux dépens des parties aériennes de la plante. Il existe cependant aussi un grand nombre d'affections de l'appareil souterrain, parmi lesquelles on en trouve de graves, capables d'anéantir la plante dans son ensemble, ou même d'en interdire la culture pendant plusieurs années consécutives. Les maladies des plantes causées par des parasites du sol restent encore peu étudiées du fait du manque de techniques convenables, sans doute, mais aussi parce que de grandes difficultés existent en ce qui concerne la détection de l'agent causal et la délimitation de sa responsabilité dans l'apparition du déclin d'une culture.

D'une façon générale, beaucoup de champignons du sol sont des agents limitant la croissance et le fonctionnement racinaire. En Californie, avant l'emploi de la chloropicrine pour la désinfection du sol, afin d'activer la formation de racines puissantes, les cultivateurs de Fraisier avaient coutume de sevrer de leurs premières fleurs les jeunes plantations. Depuis, cette pratique est devenue inutile. Ceci prouve que le facteur limitant de la croissance racinaire réside sous forme d'agents pathogènes dans le sol. On sait aussi combien sont devenues profitables les méthodes de stérilisation des fumiers pour la culture moderne du Champignon de couche.

PREMIERE PARTIE

Les champignons parasites telluriques

Parmi les nombreuses espèces de champignons qui ont été extraits du sol, il est possible de considérer deux grands groupes. Les uns constituent la **flore fongique des sols**, ou flore fongique de l'humus, proliférant et se reproduisant sans intervention de la plante vivante. Les autres appartiennent à la **flore fongique racinaire**, dont le développement, l'extension et quelquefois la reproduction n'interviennent qu'en présence de tissus de la plante vivante. A cette flore des racines appartiennent :

a) Des espèces saprophytes.

b) Les champignons des mycorhizes.

c) Des champignons doués de parasitisme plus ou moins accusé, provoquant l'altération des parties souterraines de la plante, qui se divisent eux-mêmes en :

1. - **parasites habitants occasionnels du sol,**

2. - **parasites normaux du sol.**

Qu'ils appartiennent à l'un ou à l'autre de ces groupes, les champignons responsables des maladies des organes souterrains seront soumis aux conditions du milieu dans lequel ils se conservent et se développent. Il sera possible de définir leur **écologie en fonction des facteurs physiques, chimiques et biologiques.** C'est en agissant sur ces différents facteurs que l'homme, par le respect des assolements, le choix des cultures et des façons culturales, la destruction des foyers d'infection, la connaissance de certaines qualités liées à l'espèce, à la variété ou au clone, parviendra à maintenir la rentabilité d'une culture en diminuant les effets des agents pathogènes du sol.

I. - LES PARASITES HABITANTS OCCASIONNELS DU SOL

Leur existence dans le sol est consécutive à la culture d'une plante-hôte dont ils dépendent et qui s'avère favorable à l'accomplissement de leur croissance, celle-ci s'accompagnant d'effets destructeurs (phase mycélienne se terminant le plus souvent par la sporulation).

Ils abandonnent la plante-hôte lorsque la destruction tissulaire est achevée et persistent dans le sol pour une **période de conservation** qui est essentielle avant le retour d'une nouvelle phase parasitaire. La conservation s'effectue sous forme d'organes doués de viabilité plus ou moins prolongée (kystes, sporanges, œufs, chlamydospores). Cette période pourra s'étendre sur plusieurs années dans le cas du charbon du Maïs : *Ustilago maydis*. On a cité pour le *Synchytrium endobioticum* ou maladie verruqueuse de la Pomme de terre une période de conservation des kystes dans le sol pouvant atteindre 16 années. Il s'agit là cependant de cas exceptionnels, la plupart de ces espèces étant **relativement peu adaptées** à la vie tellurique.

Au fur et à mesure que la durée dans le sol se prolonge, et à défaut d'une culture de plante favorable, les chances de maladie diminuent du fait de la destruction d'une partie importante de l'inoculum.

Un exemple en est donné par le mildiou de la Pomme de terre : *Phytophthora infestans*, qui expérimentalement, a pu être maintenu sous forme de mycélium saprophyte dans le sol pendant l'hiver. Ce mycélium disparaît cependant rapidement dès qu'il se trouve, dans les conditions naturelles, en compétition avec d'autres organismes (champignons et bactéries). De même beaucoup de sclérotes appartenant à diverses espèces vivant dans le sol sont détruits, au bout de quelques mois, par des bactéries.

Certaines de ces espèces sont aptes à franchir la surface du sol et capables de se multiplier aux dépens de l'appareil aérien de la plante. Tels sont le *Synchytrium endobioticum* qu'on observe aussi sur les bourgeons aériens, et le *Phytophthora parasitica* qui attaque aussi bien les racines et le collet de la Tomate que les fruits.

La plupart de ces espèces manifestent une **spécialisation parasitaire accusée** qui fera que la pratique de l'alternance des cultures rendra des services dans la lutte contre les maladies provoquées par ces parasites habitants occasionnels du sol.

Du fait de leur activité très limitée dans le sol, ces parasites ne seront pas étudiés dans ce qui va suivre.

II. - LES PARASITES HABITANTS NORMAUX DU SOL

A l'inverse des habitants occasionnels du sol, qui vivent et se développent activement seulement au contact de l'appareil souterrain vivant, les champignons parasites existant normalement dans le sol sont parfaitement adaptés à une **vie souterraine continue et prolongée.**

Leur cycle évolutif comporte une période végétative de longue durée qui se manifeste dans le sol et éventuellement aux dépens de la plante. Le parasite sera représenté essentiellement, pour les champignons filamenteux, par un thalle diffus produisant ou non des spores de dissémination. La **reproduction sexuée est exceptionnelle.** La conservation de l'espèce se réalise habituellement par une « concentration » mycélienne caractérisée par l'apparition de **sclérotes**, de **rhizomorphes**, de **chlamydospores.**

DEUXIEME PARTIE

Biologie des parasites habitants normaux du sol

I. - CONDITIONS GÉNÉRALES DE DÉVELOPPEMENT :

Comparaisons entre les affections dûes à un agent pathogène aérien et celles dûes à un agent pathogène tellurique.

α) PRINCIPES DE DÉVELOPPEMENT DES MALADIES AÉRIENNES

Lorsqu'on cherche à expliquer le développement d'une maladie du feuillage ou des fruits, que ce soit le mildiou de la Vigne ou la tavelure du Pommier, on doit tenir compte de plusieurs principes essentiels :

1. l'existence d'un **inoculum à proximité** ou à faible distance de la partie de la plante qui sera contaminée ;

2. **la motilité relative** de cet inoculum. A défaut de mouvements propres, la spore peut être projetée à distance par des mécanismes particuliers, ou, grâce à certains de ses caractères physiques, elle sera véhiculée par les courants aériens, entraînée par la pluie ou les gouttes de rosée, quelquefois aussi par les Animaux ou les Insectes.

3. A partir d'un seul **foyer d'infection**, émettant un grand nombre de spores, la dispersion peut être telle que, par étapes successives, une vaste étendue se trouve contaminée. Il suffira alors d'une seule spore germant de-ci de-là pour que la maladie se déclare ;

4. la **rapidité de déclenchement** de la maladie par suite de la réalisation fortuite de conditions favorables à la contamination et à l'invasion des tissus de la plante. Ce sont essentiellement les

variations brusques d'ordre climatique qui conditionnent l'apparition des maladies de l'appareil aérien des plantes ;

5. l'existence d'un **périodisme d'infection** lié non seulement à certaines qualités biologiques de l'inoculum (maturation des spores, déhiscence des conceptacles sporifères, etc.), mais aussi à une sensibilité relative des organes de la plante-hôte. De ce périodisme dépend l'apparition des « foyers primaires » à partir desquels se réalisera ultérieurement la **généralisation de la maladie ;**

6. du **renouvellement de l'inoculum** au niveau des parties détruites par le parasite ;

7. du fait que les agents de maladies des parties aériennes sont pour la plupart des espèces douées d'une **haute spécialisation parasitaire**, n'admettant qu'un petit nombre de plantes-hôtes ;

8. de la **reconstitution partielle** ou totale de l'organe malade au-delà de la période d'invasion ou lorsque se trouvent contrariées les conditions favorables au développement du parasite.

9. **L'agent pathogène des organes aériens se définit spécifiquement, sa responsabilité dans l'apparition d'une maladie peut être établie expérimentalement, d'une façon précise, par sa mise en contact avec les tissus de l'hôte.**

10. La **perception de symptômes primaires** ou **de foyers primaires**, dans le cas des maladies aériennes des plantes, permet d'avoir recours à des interventions judicieuses qui constituent la base des **traitements antiparasitaires préventifs ou curatifs d'arrêt.**

b) PRINCIPES DE DEVELOPPEMENT DES MALADIES TELLURIQUES

En étudiant le développement d'une maladie provoquée par un champignon vivant strictement dans le sol on constate :

1. la nécessité d'un **inoculum au contact ou au voisinage immédiat** de la plante-hôte. Tandis que pour les maladies du feuillage et des fruits ces organes reçoivent l'inoculum, dans le cas de la plupart des maladies du sol, c'est par suite de leur cheminement et de leur élongation que les racines prennent contact avec l'agent pathogène. Le taux de peuplement en inoculum et sa répartition dans le sol auront dans ce cas une grande importance. Cette règle supporte cependant quelques exceptions. On sait par exemple que l'*Armillariella mellea* émet de longs cordonnets mycéliens ou rhizomorphes capables de cheminer dans le sol sur plusieurs mètres de longueur et dont les extrémités, par un tropisme particulier, recherchent les racines gorgées d'amidon des arbres fruitiers et forestiers.

2. D'autre part il existe des « vecteurs » ou tout au moins des organismes mobiles qui facilitent le contact entre l'agent pathogène et la racine. Dans le sol, les vers de terre, les nématodes jouent ce rôle. Dans l'eau des cressonnières, les limnées et les larves de phryganes en broutant les racines, provoquent des plaies ouvertes à la pénétration des zoospores du *Spongospora* qui est la cause de la « maladie des racines tordues » du Cresson.

3. Pour un sol et une culture donnée, les variations naturelles des conditions physiques du milieu sont relativement faibles et s'établissent constamment progressivement si bien que l'on peut considérer la présence de l'inoculum comme étant constante. On peut dire que **l'infestation est permanente dans le sol.**

La position de l'inoculum varie notablement en profondeur dans le sol suivant l'espèce considérée. Il existe des « niveaux d'action » des agents pathogènes. Si certains tels que le *Fusarium oxysporum* sur le Melon, le *Rhizoctonia violacea* de l'Asperge et de la Betterave, le *Phymatotrichum omnivorum* du Coton, le *Fusarium vasinfectum* du Coton, sont susceptibles de parasiter des racines très profondes (jusqu'à 2 m 50 de profondeur pour le *Phymatotrichum*) ; d'autres, par contre, tels que les *Sclerotinia* de la Laitue, certains *Phytophthora* du collet des plantes ornementales, les *Pythium* ne se trouvent disposés que très près de la surface du sol. Ces dernières espèces provoqueront des altérations bien caractéristiques, connues sous le nom de « maladie du collet », de « fonte des semis », ou de « fonte blanche ».

4. La maladie ne devient évidente que lorsque des désordres organiques importants se manifesteront aux dépens de l'appareil aérien ou de la plante entière. Il ne peut donc être question dans ce cas de « foyers primaires » susceptibles de permettre de déceler l'affection à ses débuts. Si une méthode de lutte convenable ne peut être utilement appliquée à titre préventif, la maladie doit être considérée à la fois comme **inéluctable** et comme **incurable.** En raison de la généralisation du « wilt » du coton, provoqué par le *Fusarium vasinfectum* aux Etats-Unis, devant l'impossibilité de détruire le parasite, et à défaut de variétés immunes, les sélectionneurs américains ont estimé préférable de « composer » avec la maladie en conseillant la culture de variétés relativement peu sensibles.

5. Aux dépens des plantes annuelles de courte durée végétative, la **période d'infection par les champignons du sol se situe au moment de la croissance rapide et active de la jeune plante.** Pour les végétaux ligneux, ces parasites manifestent un développement soutenu pendant plusieurs années consécutives (*Armillariella mellea, Rhizoctonia* de l'Asperge) en infectant progressivement tout l'appareil souterrain.

6. D'une façon générale, les champignons parasites habitants normaux du sol manifestent une **spécialisation parasitaire peu**

accusée. Ils sont capables de se développer aux dépens de plantes-hôtes très différentes. Beaucoup d'entre eux sont **ubiquistes;** ex. l'*Armillariella mellea* est connu dans le monde entier, vivant aussi bien aux dépens des essences forestières et fruitières de nos pays que sous l'écorce du Cacaoyer au Cameroun.

7. Ainsi qu'il sera démontré dans ce qui va suivre, il est souvent difficile d'attribuer à un champignon du sol un rôle pathogène précis. Différents agents de la communauté biologique existant dans le sol manifestent, selon un ordre non établi à l'avance des **effets compétitifs** qui, lorsqu'ils se réalisent suivant un certain enchaînement, permettent de mettre en évidence bien souvent seulement l'envahisseur ultime qui est alors considéré, à tort d'ailleurs, comme étant l'agent pathogène unique.

II. - L'INFECTION PAR LES CHAMPIGNONS PARASITES DU SOL

1) LES MODES DE PÉNÉTRATION.

Lorsqu'on examine les moyens selon lesquels un agent pathogène se développant aux dépens des feuilles, des rameaux ou des fruits d'une plante est capable de pénétrer et de s'installer dans les tissus vivants, que cette espèce manifeste un développement ectophyte ou vive à l'état d'endophyte, on peut admettre que la contamination s'opère de trois façons distinctes :

a) pénétration par les voies naturelles : lenticelles, stomates, stigmates, nectaires, etc. ;

b) pénétration par les failles accidentelles contrariant l'intégrité épidermique : blessures, craquelures, plaies de taille, cicatrices foliaires, etc. ;

c) pénétration directe, c'est-à-dire celle que manifestent les champignons dont le filament, issu de la germination de la spore, perce la cuticule et la paroi épidermique par suite d'un effet de pression ou par action dissolvante.

Les deux premiers modes de pénétration sont les plus fréquents en raison du nombre important des ouvertures naturelles ou accidentelles qui facilitent le cheminement de l'hyphe mycélien, mais on doit reconnaître qu'il existe des exemples précis de pénétration directe au travers des parois épidermiques (cas des *Fusicladium* ou du *Botrytis cinerea* par ex.).

Pour les champignons du sol, le mode d'infection est différent. Il varie en fonction de la nature de l'agent pathogène et de la partie de la plante qui se trouve contaminée.

a) Lorsque l'agent pathogène est disposé dans le sol très près de la surface (cas des *Pythium* et des *Phytophthora*), il infecte le collet des plantes en pénétrant par **effraction au travers de la paroi épidermique.**

b) Lorsque l'agent pathogène se trouve au contact des racines (cas du *Verticillium albo-atrum*, de nombreux *Fusarium*), on doit tenir compte d'une communauté où se trouvent réunis les **racines de la plante,** les **parasites des racines,** des **saprophytes de la rhizosphère.**

2) RAPPEL DE L'ANATOMIE DE LA RADICELLE.

Un **épiderme,** le **parenchyme cortical** et le **cylindre central** sont les trois composants essentiels de la racine jeune en voie de croissance.

L'extrémité de cette racine est protégée par une coiffe recouvrant le méristème apical. La coiffe est généralement considérée comme un organe protecteur qui évite l'usure mécanique de la radicelle au cours de sa croissance et de son glissement entre les particules du sol.

Si l'on examine en coupe tangentielle ou transversalement les tissus qui composent la radicelle, on constate que l'épiderme qui la recouvre, de même que les poils absorbants, sont enrobés d'une gaine mucilagineuse dont on a expliqué la présence en considérant qu'elle établit un contact physique avec les particules du sol et peut ainsi permettre l'absorption régulière des substances minérales. Cette gaine est susceptible également de jouer un rôle protecteur à l'égard des effets toxiques ou corrodants des enzymes microbiens.

En plus du mucilage, la radicelle est recouverte d'une fine couche grasse d'une substance présentant certaines réactions chimiques de la cutine et de la subérine. Cette couche protectrice est plus épaisse sur les radicelles âgées, ce qui permet de penser que sa présence est fonction du degré d'imperméabilité à l'eau.

L'épiderme lui-même est formé de longues cellules tabulaires à paroi mince et délicate qui, par leur ensemble, constituent la nappe absorbante la plus importante de la plante.

Le parenchyme cortical sous-jacent se distingue par son organisation très simple qui provient de la juxtaposition et de la superposition de cellules ovoïdes à parois minces, ménageant entre elles de nombreux méats et lacunes. La partie la plus profonde du parenchyme cortical s'organise en un endoderme composé d'une assise cylindrique de cellules étroitement ajustées jouant peut-être un rôle dans le mouvement latéral de l'eau depuis le parenchyme cortical en direction des éléments vasculaires.

Le cylindre central de la racine est toujours peu important par rapport au diamètre de l'axe. De plus, chez la plupart des végétaux, il ne se forme pas de tissus vasculaires secondaires et, dans le cylindre central, seul le péricycle conserve une activité méristématique.

3) LES BLESSURES RACINAIRES.

Par suite de circonstances accidentelles ou périodiques, la radicelle meurt. Les racines mortes constituent, pour les champignons de la rhizosphère, à la fois un substrat et une voie d'accès aux racines principales. Des causes nombreuses et fréquentes d'abscission ou de dépérissement des racines ont été envisagées. Parmi les plus simples citons le cas des semis en pépinière mis en place par la pratique du repiquage, ou celui des plantes soumises au sarclage qui, ayant pour but d'aérer la surface du sol, a en même temps deux conséquences sur les racines :

a) de les briser ;

b) de déplacer un certain nombre d'entre elles de leur position initiale si bien qu'elles se trouvent mises brusquement soit au contact de l'air, soit en présence d'un excès d'eau.

Lorsque l'air est en excès, indépendamment des modifications qui se produisent dans la flore fongique et bactérienne du sol, les racines jeunes subissent une déshydratation brutale qui se traduit par un flétrissement racinaire lié à une rétractation de l'épiderme et la mort des poils absorbants. La perméabilité cellulaire se trouve altérée par suite de la mort de cellules qui se vident de leur contenu. Ce phénomène entraîne une perte notable dans le fonctionnement racinaire, et si la plante ne possède pas par ailleurs des réserves en eau suffisantes, elle se dessèche et meurt.

Lorsqu'il se produit un excès d'eau, le taux d'oxygène diminue et la plante arrête sa croissance pendant une période de réadaptation physiologique des radicelles au milieu pauvre en oxygène. MILLER (1957) a ainsi montré que la réussite de la culture du Muflier pouvait se trouver anéantie par un excès d'eau pendant une heure seulement, celle-ci entraînant la mort des radicelles. CANNON et FREE (1920), étudiant le remplacement des racines d'*Helianthus*, ont montré qu'au-delà d'une période de submersion, il se forme des racines d'un type différent, appelées « racines anaérobies », plus courtes, plus épaisses, moins ramifiées, presque totalement dépourvues de poils absorbants. C'est ce type de racines qui se développe dans les récipients où sont cultivées des plantes en milieu liquide.

On doit rappeler à ce sujet que NAUMOFF (1928), étudiant la biologie du *Plasmodiophora brassicæ* cause de la hernie du Chou, a montré que lorsque le taux d'humidité est inférieur à 45 %, les jeunes plantes développent un système racinaire du type xéro-

phyte peu pénétrable par les myxamibes. Par contre lorsque le taux d'humidité est élevé, le système racinaire est tout différent (du type hydrophyte) et perméable aux myxamibes.

Le système racinaire d'une plante n'est donc ni homogène, ni constant dans sa structure. A tout moment son intégrité se trouve altérée, et si la pénétration des parasites se réalise souvent au travers des poils absorbants et des jeunes radicelles à la faveur du franchissement ou de l'écrasement des parois épidermiques, dans beaucoup d'autres cas, de multiples blessures dues à la mortification d'une partie des tissus externes permettent l'inclusion de l'organe parasite tantôt dans le parenchyme cortical, tantôt dans le cylindre central. Sans toutefois négliger l'existence d'une **flore périphérique,** il sera possible de distinguer les causes d'**affections corticales** et les **maladies vasculaires.**

4) LES CHAMPIGNONS PÉRIPHÉRIQUES DES RACINES.

Il s'agit d'espèces qui sans être en contact direct avec la plante, jouent cependant le rôle de pathogène par suite de la production, au voisinage des racines, de **métabolites toxiques absorbés et transportés** dans l'appareil aérien.

Déjà (1950-52) Steinberg a montré l'existence de métabolites d'origine microbienne au niveau des racines de Tabac, entraînant des désordres organiques connus sous le nom de « frenching disease ». Cette altération des jeunes plants existe dans presque tous les pays de culture du Tabac. Elle se caractérise par une chlorose entre les nervures secondaires et par la production de feuilles à limbe étroit ou lancéolé. Les plants ainsi déformés donnent rarement une tige élevée. Avant que ne soit envisagé l'effet nuisible de métabolites, on avait supposé que le « frenching » était soit un virus, soit lié à un déficit du sol en fer résultant de la compétition entre la microflore et la plante Tabac.

Selon Hope (1949) le « stunting » du Maïs serait consécutif à l'effet toxique à distance d'un *Pythium*. Il en est de même du *Periconia circinata* qui, dans le Sud-Ouest des U.S.A., produit une toxine thermostable nuisible à la croissance du Sorgho. Cette toxine persiste dans le sol. L'effet du *Periconia* se manifeste sans que le champignon soit présent dans les racines.

L'utilisation de certains **antibiotiques** au titre de fongicides systémiques a permis de constater des altérations consécutives très nettes après qu'ils aient été véhiculés au travers de la plante. Brian et autres (1951) ont ainsi décrit sous le nom de « tip-burn », une altération de l'extrémité des feuilles d'Avoine à la suite de l'application de griséofulvine dans le sol, l'antibiotique ayant traversé toute la plante et se retrouvant dans l'eau de guttation.

Les *Penicillium* manifestent la possibilité de produire dans le sol une quantité d'éthylène suffisante pour endommager les

plantes. Wilhelm (1959) attribue à cette production un accident végétatif constaté dans la baie de San Francisco et caractérisé par la chute brutale du feuillage de Rosiers cultivés en serre dans un sol recouvert à l'aide de rafles de Maïs.

5) LES CHAMPIGNONS CORTICAUX.

En raison de la différence de structure des organes parasités, on ne peut pas étudier en même temps les champignons qui se développent aux dépens des poils absorbants et des jeunes racines, et ceux que l'on trouvera dans l'écorce des racines âgées ou, d'une façon plus générale, au contact des organes souterrains de la plante : rhizome, bulbe, tubercule.

A. — Champignons corticaux des poils absorbants et des jeunes racines.

Les poils absorbants, l'épiderme et l'écorce des jeunes racines sont fréquemment envahis par un grand nombre de champignons qui y jouent un rôle variant essentiellement selon leur nature et leur comportement biologique. On peut ainsi distinguer :

a) **Des habitants des tissus corticaux des racines qui ne provoquent pas de troubles organiques importants.** Lorsqu'on analyse des racines apparemment saines, on isole souvent des espèces dont le rôle destructeur est cependant connu. Tel est le cas du *Verticillium albo-atrum*, *Colletotrichum atramentarium*, *Pyrenochæte terrestris*, *Macrophomina phaseoli*. On peut expliquer dans ce cas le développement médiocre de ces espèces, dont certaines nécessitent un habitat sélectif (*V. albo-atrum* par ex. est un parasite vasculaire) par le fait que les conditions de prolifération ne sont pas pleinement réalisées. D'autre part, il est possible que ces parasites n'ouvrent pas, dans de telles conditions, la voie aux parasites secondaires ou aux saprophytes qui sont les principaux destructeurs des tissus corticaux.

b) **Des espèces pathogènes détruisant la racine ou tout au moins la fonction racinaire selon des processus variés :**

* **l'altération locale radicellaire est d'ordre mécanique** et aboutit à la cessation d'activité ou à la mort de la radicelle. Dans ce cas, la destruction tissulaire se trouve limitée et les dégâts organiques demeurent insignifiants. L'effet destructeur ne devient apparent que par suite de la multiplication de l'agent pathogène au sein de l'hôte.

Ex. On a constaté dans les racines des Graminées et des Caryophyllacées la présence du *Ligniera junci*. Si dans les racines ne se trouvent que quelques plasmodes, elles ne manifestent aucune altération apparente. Par contre si le nombre des plasmodes et des sporanges est élevé, intervient la désorganisation

tissulaire qui se traduit par le brunissement et la mortification des racines.

Ex. WILHELM et HILDEBRAND (1959) ont montré que le *Rhizophagus* lorsqu'il est présent dans les racines de Fraisier, inhibe la formation des poils absorbants et peut provoquer l'éclatement des radicelles ;

** **l'altération résulte d'un effet toxique** consécutif à la production de métabolites émis par le champignon. Les recherches, à cet égard, doivent être poursuivies. Mais on peut déjà citer quelques exemples :

Ex. BRANDEBURG (1950) explique une intoxication « systémique » de la Betterave par l'existence d'une toxine émise par le *Pythium irregulare*. La maladie se caractérise par un affaiblissement marqué, une chlorose nervaire, un brunissement vasculaire. Lorsque la toxine est produite dans le sol, elle est rapidement inactivée par les micro-organismes de la rhizosphère et par certains ions métalliques, si bien que l'effet du *Pythium* ne se fait pas sentir. Par contre, lorsque le *Pythium* devient endophyte la toxine est agissante.

Ex. il a été montré que le *Fusarium* (*Gibberella*) *Fugikoroi* du Riz est un parasite cortical par suite de l'émission de gibberelline.

Ex. la maladie du big-vein de la Laitue qui a été attribuée à un virus, serait en réalité, selon GROGAN (1958) due à la diffusion d'une toxine émise par l'*Olpidium brassicæ* dont les sporanges étoilés se forment dans les cellules épidermiques ;

*** **l'altération d'abord locale est suivie de la pénétration d'autres parasites.** Ex. Si l'on a considéré longtemps que la hernie du Chou, provoquée par le *Plasmodiophora brassicæ*, entraîne la mort des jeunes plants, il est des preuves apportées par CAMPBELL (1951), SNYDER et SCIARONI (1953), selon lesquelles ce parasite ne serait pas pleinement actif par lui-même et ne ferait que faciliter l'installation d'agents secondaires émettant des substances toxiques pour la plante. Parmi les preuves de cette hypothèse, signalons que des fumigations appliquées au sol, inefficaces à l'égard du *Plasmodiophora*, permettent par contre la destruction des parasites secondaires si bien que la végétation des Choux reste convenable bien que ceux-ci portent des tumeurs développées dues au *Plasmodiophora*.

Ex. Le *Rhizophagus* des racines de Fraisier (selon WILHELM, 1959) favorise l'introduction du *Cylindrocarpon radicicola* et du *Pythium ultimum* qui augmentent notablement les méfaits du premier parasite.

Ex. Nous avons indiqué qu'au contact des racines de Sorgho le *Periconia circinata* produit une toxine qui entraîne leur altéra-

tion. Celle-ci se trouve complétée par les effets du *Pythium arrhenomanes* qui s'installe dans les tissus en voie de pourriture (Leukel, 1948, Oswald, 1951), si bien qu'on a, à plusieurs reprises, considéré le *Pythium* comme la seule cause de la maladie.

B. — Champignons corticaux des racines âgées et des parties vivaces souterraines de la plante.

Ce sont des espèces qui possèdent à un haut degré les caractères essentiels des champignons habitants constants du sol : **vie mycélienne prolongée** (*Ozonium*), aboutissant le plus souvent à la constitution de **sclérotes** ou de **cordonnets durables,** possibilité de **prolifération très active** dès que les conditions de parasitisme sont réalisées, **pléophagie accusée** aux dépens d'hôtes nombreux et variés (plantes sauvages ou cultivées) facilitant la perpétuation dans le sol pendant plusieurs années.

Il s'agit d'espèces qui procèdent au cours de leur développement parasitaire, à la **dissociation corticale, à la destruction des contenus cellulaires des parenchymes corticaux** si bien que finalement l'organe atteint, vidé de sa substance, se trouve transformé en une masse spongieuse dans laquelle s'installent de nombreuses espèces saprophytes (champignons et bactéries).

Les *Rhizoctonia, Sclerotinia, Phymatotrichum* se caractérisent dans la nature, ou après prélèvement, par une croissance mycélienne intense et souvent étendue qui emprisonne l'organe souterrain et lui soutire progressivement l'eau et les éléments nutritifs essentiels.

La forme stérile de l'*Helicobasidium purpureum : Rhizoctonia crocorum = R. violacea* est un bel exemple de ce type de parasites lorsqu'on l'examine sur les rhizomes de l'Asperge ou sur les souches de la Luzerne. D'abord réduit à quelques filaments adhérant à la fois aux particules du sol et à l'organe souterrain, le mycélium s'étend très rapidement et forme bientôt un véritable réseau d'un beau violet pourpre manifestant d'endroits en endroits des agglomérations en « corps miliaires ». Ces organes servent de relais à la progression du champignon tant en surface que dans la profondeur des tissus de la plante-hôte. Finalement les souches atteintes ne comprennent plus qu'une gaine de tissu mort au centre de laquelle persistent les éléments fibreux de soutien et la partie vasculaire désorganisée.

Dans le cas de *Sclerotinia sclerotiorum* qui participe à la pourriture humide des racines et des tubercules, on admet que les ramifications endogènes fasciculées secrètent un enzyme corrodant pour les parois cellulaires et toxique pour leur contenu. Indépendamment de ce principe destructeur, nous avons établi que le liquide qui perle à la surface du mycélium renferme de l'acide oxalique.

Rader (1948) a montré que si le *Rhizoctonia carotæ* produit un ramollissement localisé des carottes, celui-ci se trouve complété par l'effet du *Gliocladium aureum*. Or on sait qu'un autre *Gliocladium : G. fimbriatum* produit la gliocladine, substance chimique définie par Dutcher (1941) qui est un toxique remarquable à l'égard des hyphes du *Rhizoctonia solani*. La question se pose donc de savoir si l'effet parasitaire des *Rhizoctonia* appartient à leur pathogénie propre ou si elle ne correspond pas plutôt à une compétition. Celle-ci se traduirait finalement par une substitution comparable à celle que l'on admet pour une autre espèce destructrice corticale, l'*Armillariella mellea*, qui se trouve diminuée en sol acide, par l'émission de la biotoxine produite par le *Trichoderma lignorum*. Lorsqu'on altère la croissance de l'Armillaire en traitant le sol à l'aide de sulfure de carbone, on favorise par contre celle du *Trichoderma* qui est alors capable de tuer les rhizomorphes de l'Armillaire.

6) LES CHAMPIGNONS VASCULAIRES.

L'altération du système vasculaire peut avoir deux origines très différentes :

a) Elle est **consécutive à l'effet de certains saprophytes** de la rhizosphère capables de pénétrer dans le bois des racines mortes, puis de s'installer dans la plante en bénéficiant ainsi des tissus préalablement blessés.

Wilhelm (1959) a constaté ainsi la présence du *Cylindrocarpon radicicola* seul ou en association avec le *Fusarium oxysporum*, et *Phialophora* sp. Le *Cylindrocarpon* est une espèce ubiquiste sur les racines d'un grand nombre de plantes, telles que le Fraisier, le Pommier, le Dahlia. Il s'observe également sur les bulbes de Tulipe, les tubercules de Cyclamen. Il ne semble pas susceptible de jouer le rôle de parasite direct, les inoculations par contact s'avérant négatives. Mais sa présence au niveau des tissus végétaux non protégés s'accompagne de la libération de métabolites, qui causent des dommages plus réels que lorsque ces métabolites sont éliminés dans la rhizosphère. Le *Cylindrocarpon* agit ainsi à la manière de certains parasites de blessure.

Plusieurs espèces associées se comportent en **perthophytes**, c'est-à-dire provoquent la mort des tissus qu'ils colonisent par la suite. Ces espèces sont à la fois **saprophytes, toxigènes** et **nécrobiontes.** La progression des dégâts qu'ils occasionnent est fonction de la position de la nécrose initiale qui a permis leur installation. Si aucun organe important ne se trouve indirectement ou directement touché, et si la plante présente des éléments de remplacement en nombre suffisant (bulbilles par ex.), les effets des champignons vasculaires de cette catégorie ne seront pas considérables.

b) Elle est due à des **parasites vasculaires**. Il s'agit ici d'espèces **sélectives** quant à leur habitat, capables de se répandre dans la plante par les vaisseaux, entraînant des maladies connues sous de nom de **trachéomycoses** ou **hadromycoses** (ou mycoses du tissu ligneux).

Certaines d'entre elles sont bien connues sous le terme de **wilt** qui aujourd'hui caractérise le « flétrissement » de l'appareil aérien consécutif à la progression acropète (de bas en haut) du champignon dans le xylème. Ce flétrissement est lié non seulement à la présence du mycélium intravasculaire, mais aussi à l'émission par l'agent infectieux de métabolites, **toxines de flétrissement**, provoquant l'intoxication des cellules de l'hôte. Pour un même parasite, il existe une ou plusieurs toxines que l'on est parvenu à purifier à partir d'un filtrat. Lorsqu'elles sont éprouvées en dehors de la présence du champignon, ces toxines permettent de reproduire les symptômes de flétrissement. Enfin le passage du parasite est marqué par l'apparition de **dépôts intravasculaires** de nature variée, souvent fortement colorés, qui ont pour résultat d'altérer la circulation de la sève. L'obstruction vasculaire a lieu non seulement par la formation de **thylles** mais aussi par l'**affaissement des parois** des vaisseaux dû à la réaction du parenchyme qui les entoure. Cette obstruction gêne la nutrition de la plante (cas du *Fusarium oxysporum cubense* du Bananier). Parfois l'effet d'intoxication qui précède l'extension mycélienne au travers de la plante-hôte est tellement accusé que celle-ci reste naine et rabougrie. Dans d'autres cas, la colonisation vasculaire se réalise sans apparition de symptômes maladifs. C'est ainsi que des boutures d'Œillet apparemment saines, prélevées sur des souches atteintes de wilt, provoqué par le *Fusarium oxysporum* f. *dianthi* et le *Pseudomonas caryophylli*, contiennent cependant le parasite vasculaire et sont ainsi capables de disséminer la maladie.

Les parasites vasculaires pénètrent par l'épiderme et l'écorce de la racine, l'entrée dans les vaisseaux du xylème s'effectue par les tissus apicaux où l'endoderme n'est pas encore complètement différencié. Lorsqu'on inocule artificiellement le Bananier à l'aide de spores du *Fusarium cubense* qui provoque la « maladie de Panama », on constate que l'infection n'est positive que si elle débute par la partie apicale. Par contre les poils absorbants ne sont jamais atteints.

Pendant la majeure partie de leur développement, ces parasites se manifestent sous forme de mycélium qui circule à la fois dans les vaisseaux et au sein des tissus corticaux en voie de décomposition. Certains d'entre eux ne sont même actuellement connus que sous forme stérile. C'est le cas de l'agent du « corky-root » qui existe en Angleterre dans les cultures en serre et que l'on trouve également dans la région d'Avignon ; quels que soient

les artifices de mise en culture utilisés, ce champignon ne se reproduit que par filaments.

Lorsque la phase parasitaire est largement établie, le mycélium manifeste un grand développement en formant l'*Ozonium* dans le cas de la maladie du Texas du Coton. Très souvent il s'agglomère ou se concrétionne en **corps tubéroïdes** ou en **sclérotes.** Les sclérotes, souvent très petits (cas du *Verticillium*), disséminés le long des racines, restent finalement accrochés aux lambeaux de tissus de la plante, puis se trouvent mêlés à la terre où ils persistent pendant une longue période sans perdre leur vitalité.

Au cours de leur développement, les parasites vasculaires produisent des petites spores ou **microconidies** soit à l'intérieur des vaisseaux, soit à la surface des organes lésés. On peut aussi observer des **macroconidies** capables de se transformer, de la même manière que certains articles mycéliens, en spores durables ou **chlamydospores** incluses dans le sol.

C'est à ce type de développement que correspondent les verticillioses et l'ensemble des maladies fusariennes parmi lesquelles il convient de mentionner plus particulièrement le *Fusarium vasinfectum* ou trachéomycose du Coton, la maladie de Panama du Bananier, provoquée par le *Fusarium oxysporum cubense*, la flétrissure du Pois causée par le *Fusarium redolens*, le *Verticillium albo-atrum* des cultures légumières, etc.

III. - PRINCIPES DES MOYENS DE LUTTE A L'ÉGARD DES CHAMPIGNONS PATHOGÈNES TELLURIQUES

Dans ce qui précède, nous avons pu définir qu'il existe dans le sol une **flore fongique parasite disséminée à des profondeurs variables,** susceptible à tout instant de profiter de **lésions superficielles ou profondes** pour s'installer dans les **parenchymes corticaux** ou même s'enfoncer dans les **tissus vasculaires** des racines.

Ces agents pathogènes du sol agissent directement par des **effets mécaniques destructeurs** des parois cellulaires. En se nourrissant ils épuisent les contenus cellulaires ; ce sont en général de grands consommateurs d'eau. Des études récentes bien qu'encore fragmentaires montrent en outre que :

1°) certains d'entre eux sont actifs par l'**émission de substances toxiques** qui diffusent dans les jeunes racines et provoquent à distance la mort des tissus ;

2°) si l'on connait des agents pathogènes sélectifs ou plus ou moins nettement spécialisés, il existe certainement dans le sol

des groupes d'espèces comprenant des parasites de premier et de second ordre dont les effets combinés concourent à la destruction des tissus végétaux préalablement mortifiés. Dans beaucoup de cas, le parasite primaire est bien difficile à définir du fait qu'il s'est trouvé supplanté ou même annihilé.

Ces observations sont telles que les méthodes de lutte applicables aux champignons du sol relèvent essentiellement de mesures d'ordre général que l'on peut énoncer comme suit :

A. — On aura recours à des **mesures agronomiques** destinées soit à l'établissement de conditions défavorables à la conservation et au développement du parasite et par contre favorables à la croissance active de la plante : pratiques culturales, rotations, etc., soit à l'utilisation de la résistance propre des plantes (résistance physiologique, morphologique, résistance génétique).

B. — La seconde méthode, ou **méthode phytosanitaire**, envisagée dans le cas de petites surfaces telles que celles consacrées à l'horticulture et à la floriculture, permet le traitement des plantes à titre préventif, ou la désinfection du sol soit par l'emploi de la chaleur soit par voie chimique.

Certaines de ces méthodes ont déjà donné des résultats prometteurs, mais il manque encore très souvent le contrôle biologique définissant les rapports existants entre les différents composants de la rhizosphère et ceux qui apparaissent entre certains de ces composants et l'appareil souterrain de la plante cultivée.

Il y a donc pour le biologiste une voie de recherches nouvelles fort utiles si l'on veut conserver aux sols leurs facultés de production.



Références nationales et internationales :

C.E.A. - Armées de Terre, de Mer et de l'Air - Protection civile - Laboratoires (Institut Pasteur, Collège de France ; Ecole Normale Supérieure - Ecole Polytechnique, etc...) - Electricité de France - Explorateur lunaire d'Orsay - C.E.R.N. - Harwell - Pentagone - Commission atomique yougoslave - Institut Boris Kidrich - Laboratoires et Instituts : Moscou, Tientsin, Budapest, Varsovie, Prague, Sofia, Bucarest, Berlin.

Le développement de la production minière en Afrique Noire Française de 1945 à 1958

par Raymond Furon

En 1945, l'Afrique Noire Française comprenait deux Fédérations : Afrique occidentale française et Afrique équatoriale française, et deux territoires sous mandat : le Togo et le Cameroun.

On sait que l'évolution politique de ces territoires a été très rapide depuis quelques années. Certains ont accédé à l'indépendance totale, les autres admettent les bienfaits de la communauté de biens, mais de toute façon, les anciennes structures ont éclaté et nul ne sait ce qu'il adviendra de ces pays d'ici dix ans.

En ces temps où il est souvent question d'assistance technique aux pays sous-développés, il est bon de montrer l'effort considérable fait par la France métropolitaine pour favoriser le développement de ces régions qu'elle avait trouvées sans aucune ressource. Nous parlerons ici du développement de la production minière depuis quinze ans dans ces zones où l'on ne connaissait rien avant la présence française, en dehors d'un peu d'orpaillage et de quelques salines.

Au moment où les Services géologiques et miniers sont en cours de réduction et de transformation, il est agréable de pouvoir dire ce qui a été fait, malgré des moyens toujours insuffisants, grâce au concours de l'Etat et des Sociétés privées.

Les chiffres sont ceux des rapports officiels les plus récents (1). La date de 1958 est celle des dernières statistiques complètes, celle de la fin de l'Union Française et d'une certaine formule d'assistance technique pratiquée par la France bien avant l'invention du terme.

AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

L'ancienne Fédération de l'Afrique occidentale française comprenait : la Mauritanie, le Sénégal, le Soudan, le Niger, la Guinée, la Haute-Volta, la Côte-d'Ivoire et le Dahomey.

(1) L'industrie minière dans les Territoires d'Outre-Mer, les Etats d'Outre-Mer de la Communauté, au Togo, au Cameroun et en Guinée en 1958. Rapport de l'Inspection générale des Mines et de la Géologie de la France d'Outre-Mer. **Chronique des mines d'Outre-Mer et de la Recherche minière**, juillet 1959, pp. 217-232. — Symposium sur la géologie de l'Uranium en Afrique. **Ibidem**, n° 279, septembre 1959. — A. OBERMULLER : Rapport sommaire sur la recherche géologique et la prospection minérale fin 1958, effectués par les Services officiels français d'Outre-Mer. **Ibidem**, n° 280, octobre 1959.

Le Service de Géologie et de Prospection minière, dirigé par M. A. Blanchot, disposait en fin 1958 de 45 géologues, 32 aides-géologues et 5 ingénieurs-prospecteurs.

Le levé de la carte géologique de reconnaissance suit son cours, mais il n'existe pas encore de carte géologique d'ensemble au 1 ou 2.000.000ᵉ. On doit à M. Roques une étude d'ensemble du Précambrien.

Sous des titres divers, le Service Géologique publie un Bulletin depuis 1937, à raison d'un fascicule par an en moyenne (23 en 22 ans). La fréquence s'est grandement accrue au cours des dernières années.

La Direction des Mines et de la Géologie de l'ex-A.O.F., qui avait son centre à Dakar est en voie de transformation.

L'état des ressources minières de l'Afrique occidentale en 1945 a été présenté par G. Arnaud (1) et permet ainsi de mesurer plus facilement les progrès réalisés en quinze ans.

LA MAURITANIE

La géologie de la Mauritanie a bénéficié de publications particulièrement remarquables : « La géologie de l'Adrar mauritanien » de Th. Monod, la Thèse de A. Blanchot sur le Précambrien, ainsi que celle de G. Rocci (2). On y ajoute l'extraordinaire voyage de Th. Monod dans l' « Empty Quarter » du Sahara (3), et les travaux de Cl. Bense, R. Dars et J. Sougy sur la stratigraphie du Paléozoïque, que nous avons déjà eu l'occasion de signaler.

L'inventaire des ressources minières a fait de singuliers progrès.

Le Fer de Fort Gouraud

Le gisement de minerai de fer de Fort Gouraud, signalé en l'an 1067, par le géographe arabe El Bekri, fut perdu de vue jusqu'en 1934. Il n'intéressa personne jusqu'en 1946, date à laquelle A. Blanchot l'étudia. Il s'agit de quartzites ferrugineux précambriens, contenant jusqu'à 65% de Fer-métal. La réserve prouvée dépasse 100 millions de tonnes. La concession appartient à une Société internationale, la MIFERMA (Bureau minier de la F.O.M. (BUNIFOM) et divers groupes français (51 %) ; le holding italien FINSIDER (34%) et la British Iron et Steel Corp. (15%). Le minerai sera évacué par voie ferrée jusqu'à Port-Etienne (600 km

(1) G. ARNAUD: Ressources minières de l'Afrique occidentale. **Bull. Dir. Mi. AOF,** 1945, n° 8.

(2) Th. MONOD: Esquisse géologique de l'Adrar mauritanien. **Bull. Dir. Mi. AOF,** 1952, 2 vol., n° 15. — A. BLANCHOT: Le Précambrien de Mauritanie occidentale. **Ibidem,** 1955, n° 17. — G. ROCCI: Formations métamorphiques et granitiques de la partie occidentale du Pays Reguibat. **Ibidem,** 1957, n° 21, 2 vol.

(3) Th. MONOD: Majâbat al-Koubrâ. Contribution à l'étude de l' « Empty Quarter » ouest-saharien. **Mém. Inst. Fr. Afr. Noire,** 1958, n° 52.

et 50 milliards d'investissements). La production annuelle pourrait atteindre 5 millions de tonnes.

Le Cuivre d'Akjoujt

En 1946, A. Blanchot et Salek ould Lamberton découvrirent le gisement de cuivre du Guelb Moghrein, à 4 km. du poste d'Akjout. Après prospection, on constata qu'il y avait là 18 millions de tonnes de minerai à 1,5% de cuivre-métal et 9 millions à 2 et 2,5%. Il s'y ajoute 1 gramme d'or à la tonne. Une laverie-pilote, construite en 1955, fournit des concentrés à 27%. L'évacuation des concentrés se fera par camion jusqu'à un port de la côte mauritanienne. La route et le port sont à construire. La mine appartient à la MICUMA, dont le capital est partagé entre l'Etat et le secteur privé (Banque de Paris et des Pays-Bas et Pennaroya). La production annuelle pourrait atteindre 25.000 tonnes de cuivre-métal, auxquelles s'ajouteraient 500.000 tonnes de minerai de fer.

Divers

Nous rappelons l'exploitation traditionnelle de quelques salines et la prospection en cours des sables titanifères de la côte.

LE SÉNÉGAL

La géologie du Sénégal a fait de très grands progrès depuis 1945, surtout grâce aux travaux de F. Tessier, A. Gorodiski et P. Maugis (1). L'étude des Foraminifères par R. Abrard a modifié et complété les connaissances sur le Lutétien et sur le Miocène.

Les ressources minières ont été étudiées.

Les Phosphates

Les phosphates de chaux, signalés depuis longtemps, ont été prospectés par « Péchiney » à partir de 1945, dans la région de Thiès. On y a trouvé des phosphates d'alumine d'une part, et des phosphates à 78% de phosphate tricalcique d'autre part.

En 1958, la Compagnie Péchiney a produit 104.500 tonnes de phosphate d'alumine brut, 10 000 tonnes de phosphate d'alumine déshydraté et 4.300 tonnes d'engrais. Ceci dans le gisement de Pallo.

A Taïba (80 km. au N. de Dakar), la « Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba » se prépare à exploiter en 1960 un gise-

(1) F. TESSIER: Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). **Bull. Dir. Mi. AOF**, 1950, 2 volumes, n° 14. — A. GORODISKI: Notice explicative de la carte géologique du Sénégal au 20.000e (feuilles Ouakam et Dakar). 1948. — P. MAUGIS: Etudes de préreconnaissance pétrolifère dans le bassin sédimentaire du Sénégal. **Ibidem**, 1955, n° 19.

ment de 100 millions de tonnes, au rythme de 600.000 tonnes par an.

Titane et Zircon

Les sables noirs titanifères de la plage de Rufisque, découverts en 1908, furent un peu exploités de 1912 à 1923. Ils furent reconnus ensuite beaucoup plus loin vers le Sud. Ils contiennent habituellement 20 à 27% de quartz, 55% d'ilménite (à 58% de titane), et plus de 20% de zircon.

Les réserves sont actuellement évaluées à 2 millions de tonnes à 30-60% d'ilménite. Des gisements semblables sont prospectés entre Dakar et Saint-Louis.

Les gisements exploités au Sénégal par la Société Gaziello et Cie (Thann et Mulhouse, 97%) ont produit en 1958 : 33.500 tonnes d'ilménite, 1.000 tonnes de rutile et plus de 6.000 tonnes de zircon.

Le Pétrole

Les recherches de pétrole se poursuivent avec des moyens toujours accrus. La prospection géophysique et des forages profonds (à plus de 3.000 mètres) ont permis de comprendre l'allure du bassin sédimentaire du Sénégal et de découvrir les premiers indices de pétrole.

Le Fer

Les oxydes de fer signalés dans la vallée de la Falémé ont été prospectés, mais n'ont pas mis en évidence les 100 millions de tonnes qui seraient nécessaires pour une exploitation qui serait située à plus de 600 km. de la mer.

L'Uranium

Dans la région de Thiès, les phosphates de chaux et d'alumine renferment des quantités notables d'uranium, moitié plus élevées que celles des phosphates de Floride qui ont donné lieu à des essais industriels. D'après F. Kervella, les réserves paraissent considérables, sans qu'il soit encore possible de les estimer (1).

LE SOUDAN

Les principaux travaux géologiques sur le Soudan sont ceux de M. Defossez, R. Dars, H. Radier, G. Palausi, R. Karpoff, Cl. Bense et J. Villemur (2).

(1) F. KERVELLA: Les gisements uranifères dans les formations sédimentaires en France et dans l'Union française (4e partie). **Bull. Inf. sc. techn. C.E.A.**, Saclay, juillet 1958, n° 1[illegible], pp. 16-31.

(2) R. DARS: Les formations primaires et les dolérites du Soudan occidental. Thèse, Paris, décembre 1959. — H. RADIER: Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental. These, Strasbourg 195 . — C. BENSE: Les formations géologiques de la région de Kayes

Malgré quelques discussions sur des problèmes non résolus, la géologie soudanaise est maintenant bien connue, même dans sa partie saharienne, qui fut d'abord souvent parcourue par Th. Monod.

L'étude de la minéralisation est par contre beaucoup moins avancée, encore au stade de la prospection : cuivre au Sud de Nioro (Boulé-Kadiéré, etc.) ; bauxites de Kéniéba, Bamako et Koulikouro ; les diamants de la province kimberlitique de Kéniéba ; le manganèse d'Ansongo.

LE NIGER

Les principaux points géologiques étudiés sont le Précambrien de l'Aïr par M. Raulais, la série sédimentaire primaire de l'Ouest de l'Aïr par Joulia, le Crétacé de l'Ouest de l'Aïr et du Kaouar par H. Faure, les gisements de Vertébrés du Continental intercalaire par A. F. de Lapparent.

Au Niger, comme au Soudan, l'étude de la minéralisation n'est pas encore très avancée, sauf dans l'Aïr où M. Raulais a découvert de l'étain et du wolfram, qui sont exploités difficilement à cause du manque d'eau.

Par ailleurs, on connaît les indices de cuivre de la région d'Azelick, de cuivre, plomb et zinc de Firgoun.

LA HAUTE-VOLTA

On doit à J. Sagatzky un important mémoire sur la géologie et les ressources minières de la Haute-Volta méridionale, à R. Furon des notes sur la base des plateaux primaires du Nord (1).

La minéralisation reconnue est peu importante : quelques filons de quartz aurifère, les indices de cuivre de Gongondy, puis le gisement de manganèse de Tiéré, d'exploitation assez difficile.

LA GUINÉE

La Guinée forestière, précambrienne a été étudiée par A. Obermuller, puis les séries primaires par R. Furon, M. Arnould, M. Aymé et R. Guillaume (2).

(Soudan), (à paraître dans le **Bull. Dir. Mi. AOF**). — G. PALAUSI: Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations primaires au Soudan et en Haute-Volta (à paraître dans le **Bull. Dir. Mi. AOF**). — J. VILLEMUR: Etude géologique du bassin de Taoudéni (à paraître dans le **Bull. Dir. Mi. AOF**). — M. DESFOSSEZ: Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la Boucle du Niger. Thèse, 1958 (à paraître dans le **Bull. Dir. Mi. AOF**).

(1) J. SAGATZKY: La géologie et les ressources minières de la Haute-Volta méridionale. **Bull. Dir. Mi. AOF**, 1954, n° 13.

(2) A. OBERMULLER: Description pétrographique et étude géologique de la région forestière de la Guinée française. **Bull. Dir. Mi. AOF**, 1941, n° 5. — R. FURON: Géologie de la Guinée française. **Publ. Bureau Et. Géol. Mi.**, 1943, n° 19. — M. ARNOULD, J.M. AYME, R. GUILLAUME: Nouvelle stratigraphie des grès primaires du nord du Fouta Djalon (Guinée-Sénégal). **Bull. Soc. Géol. Fr.**, 1959.

Ses ressources minérales présentent beaucoup d'importance.

Le Fer de la presqu'île du Kaloum

Connu depuis 1904, prospecté entre 1919 et 1921, le minerai de fer de la presqu'île du Kaloum, aux environs de Conakry, est constitué par l'altération superficielle des roches basiques et ultra-basiques du massif, altération qui atteint 30 mètres d'épaisseur. Les estimations de R. de la Bouglise donnent un tonnage de 2 milliards de tonnes à 47-48% de fer-métal, dont plus d'un milliards à 51%.

Ce beau gisement a été mis en exploitation en 1953, par la « Compagnie minière de Conakry », alliée maintenant à un groupe sidérurgique allemand. La production de 1953 fut de 391.000 tonnes ; elle est arrivée à plus d'un million de tonnes, pour retomber à 378.000 tonnes en 1958, du fait d'une diminution des achats de la Grande-Bretagne.

Le Fer de la chaîne du Simandou et du Mont Nimba

Il s'agit ici de quartzites à magnétite de l'Atacorien, à 65 et même 69% de fer-métal. Les gisements sont en cours de prospection. On veut espérer que l'exploitation ne se fera pas au Mont Nimba, dont la réserve naturelle a grand besoin d'être protégée.

Bauxites des Iles de Los

La Société des Bauxites du Midi (groupe canadien Aluminium Steel Ltd) exploite depuis 1950, les bauxites des îles de Los, produit de l'altération latéritique des syénites néphéliniques. La production annuelle moyenne est de 300.000 tonnes de bauxite, exportées en Amérique du Nord.

Bauxites de Fria

Les bauxites de la Guinée continentale sont mises en exploitation par la Société internationale FRIA (Péchiney-Ugine, 26,5% ; groupe anglo-américain, groupes allemands, suisses et italiens, 73,5%). Le montant des investissements est estimé à 50 milliards.

Les bauxites, traitées sur place, doivent fournir en 1960-61 entre 400.000 et 500.000 tonnes d'alumine, dont tout ou partie alimenterait l'usine d'Aluminium d'Edéa, au Cameroun (Péchiney-Ugine).

L'ensemble pourrait se développer dans l'avenir et s'augmenter d'une usine de fabrication d'aluminium, si le projet de barrage sur le Konkouré venait à se réaliser.

Bauxites de Tougué et Dabola

La Société SAREPA (Péchiney-Ugine) continue la prospection de beaux gisements de bauxites situés dans la région de Tougué et de Dabola.

Les Diamants du Macenta

Les diamants des alluvions du Macenta ont commencé à être exploités un peu avant la guerre de 1939. La production a atteint 100.000 carats en 1951 et 300.000 en 1955.

Le diamant est actuellement exploité par la Société Minière de Beyla qui a produit près de 80.000 carats en 1958, par la SOGUINEX avec 40.000 carats et par un certain nombre d'exploitations artisanales indigènes, mal contrôlées.

Il s'agit surtout de diamant industriel, avec 10% de pierres de joaillerie.

L'Or

Les alluvions récentes et anciennes du Niger sont exploitées depuis un temps immémorial dans la région de Siguiri. La teneur moyenne est de deux grammes par mètre cube. L'exploitation indigène se fait par puits circulaires et petites galeries non boisées. Les sables et graviers, remontés à la surface avec des cordes et des calebasses, sont lavés à la battée. On compte 10 à 15.000 mineurs « professionnels », auxquels viennent s'ajouter 30 ou 40.000 « amateurs » venant gagner leur impôt ou quelques bijoux pour leurs femmes. En 1932, la Guinée fournissait 1.387 kg. d'or et encore 1.443 kgs en 1949. Puis, les quantités portées à la Banque sont brusquement tombées à 51 kgs en 1951 et à 18 kgs en 1955.

Cet or provient de la destruction de filons de quartz aurifère du Précambrien moyen (Birrimien).

Un de ces filons a été mis en exploitation par le Bureau Minier de la FOM à Banora. Les recherches effectuées concluent à l'existence d'un gîte de 500.000 tonnes de quartz, contenant 2 tonnes d'or et 4 tonnes d'argent.

LA COTE D'IVOIRE

La géologie de la Côte d'Ivoire a fait l'objet de trois mémoires de M. Bolgarsky, L. Bodin et D. Soule de Lafont sur le Précambrien et de P. Maugis sur le bassin sédimentaire de la côte (1).

Les ressources minières de la Côte d'Ivoire sont encore fort limitées.

(1) M. BOLGARSKY: Etude géologique et description pétrographique du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. **Bull. Dir. Mi. AOF**, 1950, n° 9. — L. BODIN: Contribution à l'étude des granites birrimiens dans le Précambrien de l'A.O.F. **Ibidem**, 1951, n° 12. — D. SOULE DE LAFONT: Le Précambrien moyen et supérieur de Bondoukou. **Ibidem**, 1956, n° 18. — P. MAUGIS: Reconnaissance pétrolière du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire. **Ibidem**, 1955, n° 19.

Le Diamant

Des alluvions diamantifères sur Birrimien sont exploitées depuis 20 ans.

Des pierres isolées avaient été signalées dès 1930, mais ce n'est qu'en 1947 que fut découvert le gisement de Tortiya, exploité par la SAREMCI, qui en a tiré 150.000 carats en 1958.

Une autre société, exploitant le gisement de Séguéla a obtenu 19.000 carats.

L'ensemble représente environ 400 millions de francs-CFA.

Le Manganèse de Grand Lahou

Il y a de nombreux indices de Manganèse en Côte d'Ivoire, mais il s'agit habituellement de l'altération superficielle de gondites, ne pouvant fournir de gros tonnages.

Toutefois, la Compagnie de Mokta el Hadid va mettre en exploitation le gisement de Grand Lahou. Les réserves sont estimées à 1.300.000 tonnes. L'exploitation se fera à la cadence de 100.000 tonnes à 48% par an.

L'Uranium du Bas Cavally

E. Aubert de la Rüe avait signalé autrefois des enduits d'autunite dans les pegmatites du SW. Une mission du C.E.A. a découvert une minéralisation en uraninite au Nord de Tabou (1956).

Le Pétrole

Les travaux de reconnaissance se poursuivent dans le bassin sédimentaire côtier.

LE DAHOMEY

La géologie du Précambrien du Dahomey a été étudiée par P. Aicard et P. Pougnet et le Bassin sédimentaire côtier par M. Slansky (1).

Malgré l'activité des prospecteurs, le Dahomey n'a actuellement aucune production minière.

VALEUR DE LA PRODUCTION MINIÈRE DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE EN 1958

Bauxites	330.000 tonnes	521 millions
Diamants	281.000 carats	1.100 millions

(1) R. POUGNET: Le Précambrien du Dahomey. **Bull. Serv. Mi. AOF,** 1959, n° 22. — P AICARD: Le Précambrien du Togo et du nord-ouest du Dahomey. **Ibidem,** 1959, n° 23. — M. SLANSKY: Vue d'ensemble sur le bassin sédimentaire côtier du Dahomey-Togo. **Bull. Soc. Géol. Fr.,** 1958, (6), t. 8, pp. 555-580.

Etain	90 tonnes	30 millions
Minerai de fer	415.000 tonnes	420 millions
Phosphate d'alumine brut	105.000 tonnes	230 millions
Ilménite, rutile et zircon	8.000 tonnes	170 millions

Soit un total de 2 milliards 471 millions de francs-métropolitains-1958.

Les territoires sous mandat :

I. — LE TOGO

Conformément aux accords passés, le levé géologique de la carte au 500.000e a été effectué par le Service Géologique de l'A.O.F.

Les séries précambriennes ont été particulièrement étudiées par P. Aicard, le bassin sédimentaire côtier, par R. Furon, N. Kouriatchy et M. Slansky (1).

Les ressources minières sont actuellement peu importantes.

Chrome

La chromite a été découverte dans le Sud du Togo, au Mont Djéti, par le géologue allemand Koert, puis revue depuis par Arsandaux, Kouriatchy et d'autres. On a estimé le tonnage possible de 400.000 tonnes au Mont Djeti. En fait, il s'agit de masses, de lentilles et de filonnets, liés à des massifs de serpentine, qui malgré leur richesse locale, n'ont pu être mis en exploitation.

Phosphates

Les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur du bassin sédimentaire côtier contiennent des niveaux phosphatés intéressants. La Compagnie Togolaise des Mines du Bénin (3 milliards de capital) en prévoit l'exploitation en 1961 ou 1962, avec une production annuelle de 750.000 tonnes à 80% de phosphate tricalcique.

II. — LE CAMEROUN

Le Service Géologique a poursuivi la reconnaissance du territoire, mais ses crédits ayant été très diminués, il n'y reste plus en 1958 que 5 géologues dont le chef du servie et 8 aides-géologues et prospecteurs.

Une carte géologique d'ensemble au 1.000.000e a été publiée en 1956.

(1) P. AICARD: Le Précambrien du Togo et du nord-ouest du Dahomey (Thèse). **Bull. Serv. Mi. AOF**, 1959, n° 23. — R. FURON, N. KOURIATCHY: L'Eocène du Togo. **Mém. Muséum Nat. Hist. Nat.**, 1948, T. 27, fasc. 4. — M. SLANSKY: Vue d'ensemble sur le bassin sédimentaire côtier du Dahomey-Togo. **Bull. Soc. Géol. Fr.**, 1958, (6), t. 8, pp. 555-580.

Parmi les principaux travaux effectués, nous citerons ceux de P. Koch, M. Lasserre et Mme Caen-Vachette, auxquels viennent se joindre les études sur le bassin sédimentaire côtier par V. Hourcq et divers paléontologistes (1)., ainsi que les découvertes d'E. Roch sur le Continental intercalaire.

Le Service publie un Bulletin depuis 1956 et des cartes géologiques au 500.000e.

La prospection des ressources minérales se poursuit.

Aluminium

On sait que le barrage d'Edéa avait permis à la Compagnie Camerounaise de l'Aluminium (Péchiney-Ugine) d'installer une usine d'électrolyse très moderne. Cette usine fonctionne depuis février 1957 et elle utilise de l'alumine importée de France, en attendant celle de Guinée que doit produire l'usine de Fria. La production d'Aluminium a été de 32.000 tonnes en 1958, d'une valeur de 5 milliards environ.

Il pourrait arriver que la Guinée utilise son alumine sur place. Par contre, on n'exploite pas de bauxites au Cameroun et les prospecteurs en recherchent des gisements utilisables, ce qui pourrait simplifier ce curieux circuit.

Fer

Le Bureau Minier poursuit ses reconnaissances.

Etain

La Société « Les Etains du Cameroun » produit annuellement une centaine de tonnes de concentrés de cassitérite provenant de Mayo Darlé.

Titane

On a exploité le rutile pendant quelques années, mais les prix de revient sont devenus trop élevés pour poursuivre les opérations.

Pétrole

La « Société de Recherches et d'Exploitation des Pétroles du Cameroun » (9 milliards de capital) a entrepris une campagne de forages profonds dans le bassin sédimentaire côtier.

(1) P. KOCH: Le Précambrien de la frontière occidentale du Cameroun central (Thèse 1955). — Mme CAEN-VACHETTE: Evolution géochimique et pétrographique des formations précambriennes de la région sud de Mayo-Darlé (Thèse 1957). — M. LASSERRE: Etude géologique de la partie orientale de l'Adamaoua (Thèse 1958), (à paraître). — V. HOURCQ: Bassins sédimentaires du Cameroun. **XXe Congr. Géol. Intern.**, Mexico, 1956, Symposium Pétrole et Gaz, t. I, pp. 45-68. — E. DARTEVELLE, S. FRENEIX, P. SORNAY: Mollusques fossiles du Crétacé de la côte occidentale d'Afrique, du Cameroun à l'Angola. **Ann. Musée R. Congo belge**, 1957, vol. 20; 1959, vol. 24. — E. ROCH: Itinéraires géologiques dans le nord du Cameroun et le SW du Territoire du Tchad. **Bull. Serv. Mi. Cameroun**, 1953, n° 1.

AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE

L'ancienne Afrique Equatoriale Française comprenait le Gabon, le Congo, l'Oubangui et le Tchad, devenus quatre Républiques. La capitale fédérale était Brazzaville.

Le Service de Géologie et de Prospection minière, dirigé par M. G. Gérard, installé à Brazzaville, disposait en fin 1958 de 18 géologues, de 23 aides-géologues et prospecteurs.

Le levé de la carte géologique de reconnaissance au 1.000.000e et au 500.000e, commencé en 1946, s'étendait en 1958 sur 2 millions de km2, soit sur les 4/5e de l'A.E.F.

En 1958, G. Gérard a publié une carte géologique d'ensemble au 2 000 000e en quatre feuilles, accompagnées d'une notice importante.

Sous des titres divers, le Service Géologique a publié un Bulletin depuis 1943.

La Direction des Mines et de la Géologie de l'ex-A.E.F. est en cours de transformation en « Institut équatorial de Recherches et d'Etudes Géologiques et Minières ». Son fonctionnement dépendra de l'intérêt que lui porteront les nouveaux Etats.

LE CONGO

La géologie du Congo, étudiée depuis longtemps, a fait de nouveaux progrès et on doit signaler les récents travaux de J. Cosson, P. Nicolini et G. Bigotte, puis de V. Hourcq pour la zone sédimentaire côtière (1).

La question du Cuivre

Au point de vue minier, le Congo avait donné de grands espoirs avec ses minerais de cuivre du Bassin du Niari.

Les indigènes exploitaient ce cuivre lors du passage de Savorgnan de Brazza. Puis une société européenne entreprit une exploitation modeste de 1911 à 1930, construisant même une petite voie ferrée de 121 km. de Mindouli à Brazzaville. En 1931, tout fut abandonné. Divers groupements s'y intéressèrent. L'expérience acquise depuis 1945 est matérialisée par la Thèse de G. Bigotte, qui conclut qu'en ce qui concerne au moins le niveau SC3, complètement prospecté, il n'y a pas de très grand gisement de cuivre dans le Niari, mais des gisements isolés ne présentant pas de gros tonnages.

(1) J. COSSON et P. NICOLINI : Coupures géologiques Brazzaville et Pointe-Noire. Notices explicatives. 1953 et 1955. — G. BIGOTTE : Observations sur la géologie de la partie ouest du bassin minéralisé du Moyen Niari. **Sc. de la Terre,** Nancy, 1954, t. 2, n° 3 pp. 111-120, 1 carte. Contribution à la géologie du bassin du Niari. Etude sédimentologique et métallogénique de la région minière. (Thèse). **Rapp. C.E.A.,** Saclay, 1955, n° 498, 243 p. 45 fig., 21 pl., et **Bull. Dir. Mi Géol. A.E.F.,** 1959, n° 9. — V. HOURCQ : Le bassin de Pointe-Noire, in Carte Géol. A.E.F., Notice, 1958, pp. 17-20.

Plomb et Zinc

La zone minéralisée du Niari contient quelques gisements de galène et de calamine dans la vallée de la Loutété.

L'exploitation en a commencé à M'Fouati en 1937 avec 4 800 tonnes de plomb ; elle a cessé en 1948. Par contre, le gîte voisin de Hapilo est exploité depuis 1957, grâce au téléphérique qui le relie à l'usine de M'Fouati. Production : 6 300 tonees.

Phosphates

On a signalé depuis longtemps des phosphates à teneur médiocre dans le bassin sédimentaire de Pointe Noire. Leur prospection continue.

Uranium

Le Mayombe et le Niari ne renferment pas autre chose que de rares indices qui ont été prospectés à partir de 1946, sans résultat.

Les phosphates de Holle (cités ci-dessus) contiennent des traces d'Uranium.

Pétrole

L'exploration du bassin sédimentaire de Pointe-Noire continue. Des indices favorables ont été trouvés à Pointe Indienne.

Etude géologique du barrage du Kouilou

L'étude géologique du site de l'éventuel barrage du Kouilou a été faite. A cette occasion la prospection minière de la région a été faite, mais rien n'a été découvert jusqu'à présent qui puisse nécessiter la construction de ce barrage.

Etain

Un gisement de cassitérite, découvert dans le Mayombe, a fourni 31 tonnes en 1958.

LE GABON

Parmi les travaux géologiques importants, publiés depuis 1945, nous citerons ceux de B. Choubert et P. Dévigne (1), qui établissent une échelle stratigraphique du Précambrien.

La prospection minière du Gabon a représenté une œuvre de longue haleine dans un pays difficilement accessible. Elle a

(1) B. CHOUBERT : Recherches géologiques au Gabon central. **Bull. Dir. Mi. Géol. A.E.F.**, 1954, n° 6 pp. 7-91, 4 pl., 5 fig. — P. DEVIGNE : Le Précambrien du Gabon occidental et des régions limitrophes. (Thèse, 1958). **Bull. Dir. Mi. Géol.**, n° 11.

abouti à la découverte de pétrole, de manganèse, d'uranium et de fer, auxquels on peut ajouter de petits gisements alluvionnaires d'or et de diamants, puis des indications de phosphate de chaux et de potasse.

Le Pétrole

On connaissait depuis longtemps des indices de surface dans le bassin de l'Ogooué. Les campagnes de forages commencèrent en 1931. Elles réussirent à comprendre la structure du bassin côtier crétacé et tertiaire (2), mais la tectonique locale se prêtait fort mal à une exploitation.

Ce n'est qu'en 1957, après 25 ans de recherches, que le pétrole put être exploité dans la région de Port-Gentil, avec une production de 173 000 tonnes. La production a été portée à plus de 500 000 tonnes en 1958, d'une valeur de 3 milliards de francs-métro environ.

Le Manganèse de Franceville

Découvert en 1938, le manganèse de la région de Franceville a connu une première prospection entre 1949 et 1951, reprise en 1952 par le Bureau Minier de la France d'Outre-Mer et le géologue L. Baud.

Le manganèse se trouve dans un horizon du Francevillien moyen (étage du Précambrien moyen), à 45 km. NW de Franceville, sur la rive gauche de l'Ogooué, à 600 km. de Port-Gentil. C'est un excellent minerai à 50% de Mn.

Le minerai sera exploité par la COMILOG, société franco-américaine (U.S. Steel Cy, 49 %, BUMIFOM, 22 %, Mokta del Hadid, 15%, CMMO 14%). La Société pense extraire 500 000 tonnes en 1962, dès que les aménagements seront terminés. Il faut d'abord construire une cité minière à Moanda, puis évacuer le minerai au moyen d'un téléphérique de 80 km, puis d'une voie ferrée de 280 km, rejoignant la voie Brazzaville-Pointe Noire à 200 km. de la côte. L'investissement prévu est de 35 milliards de Fr-CFA.

Le Fer de Mékambo

Le fer du massif de Boka-Boka, dans le NE du Gabon, à 500 km. à l'Est de Libreville, est connu depuis le XIXe siècle, puisqu'il a été signalé par M. Barrat. Il s'agit de quartzites ferrugineux (à hématite) du Précambrien, atteignant des teneurs de 65 à 70% de fer-métal, et moins de 10% de silice. Dès 1954, J. P. Dévigne et R. Plégat ont estimé à 65 millions de tonnes les réserves superficielles, directement visibles.

(2) V. HOURCQ: Les terrains sédimentaires de la région côtière. **in** Notice explicative Carte géol. A.E.F. et Cameroun, 1952, pp. 69-83. — V. HOURCQ, D. REYRE: Les recherches pétrolifères dans la zone côtière du Gabon. **XXe Congrès Géol. Intern.**, Mexico 1956, Symposium Petrole et Gaz, t. 1, pp. 113-141.

Ce minerai va être exploité par une Société internationale, la Société des Mines de Mékambo (Bethleem Steel Cy, BUMIFOM, Banque de Paris et des Pays-Bas, un Consortium allemand, etc.). Le capital engagé est de 2 milliards de Fr-CFA et la prospection continue.

L'Uranium de Mounana

Le Francevillien a réservé une autre surprise : la découverte d'une minéralisation du type Vanadium-Uranium, constituée par un minerai jaune, la Francevillite : (Ba, Pb) $(UO^2)2$, 5 H^2O, passant en profondeur à des minéralisations noires et sulfureuses. Les réserves paraissent être de 20 millions de tonnes de minerai pouvant donner 4 000 tonnes d'uranium.

Le gisement pourrait être exploité dès 1961 par la Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (Commissariat à l'Energie Atomique, 20% ; Cie de Mokta el Hadid, 40% ; Cie Fse des Minerais d'Uranium, 40%).

Divers

On a exploité pendant quelques années de petits placers contenant de l'or et des diamants.

Parmi les indices intéressants, il y a les Phosphates du Crétacé supérieur de la région côtière, puis la Potasse de la région du Lac Azingo.

L'OUBANGUI

Depuis 1945, l'Oubangui n'a pas fait l'objet de publications nombreuses. On doit au moins signaler les travaux de G. et J. Gérard, de B. Bessoles et R. Delafosse (1) et l'activité des géologues et prospecteurs, que l'on peut apprécier dans les rapports annuels.

Les diamants

La grande richesse de l'Oubangui est le diamant. Le premier fut découvert par M. Brustier en 1914 dans les alluvions d'Ippy. Ils furent exploités par la suite par la Compagnie Equatoriale de Mines et la Compagnie Minière de l'Oubangui oriental.

Le diamant provient de l'érosion de pipes kimberlitiques du Crétacé inférieur. La production était de 59 000 carats en 1945, 120 000 en 1949, et se maintient aux environs de 100 000 en 1958,

(1) G. GERARD, J. GERARD: Stratigraphie du Précambrien de l'Oubangui-Chari occidental. **Bull. Soc. Géol. Fr.**, 1952, (6), t. 2 pp. 467-483. — B. BESSOLES, R. DELAFOSSE: Les grès de Mouka-Ouadda en Oubangui-Chari oriental. **Bull. Soc. Géol. Fr.**, 1958, (6), t. 8, pp. 91-105.

d'une valeur de 600 millions de francs métropolitains. La moitié de la production est représentée par des pierres de joaillerie.

L'Or

Des alluvions aurifères sont exploitées depuis longtemps en Oubangui.

Depuis 1957, les Pouvoirs Publics ont mis en place des exploitations artisanales gérées par les Sociétés de Prévoyance. En 1958, la production a atteint 700 kilos.

LE TCHAD

Les régions les plus mal connues du Territoire (Tibesti-Ennedi) ont bénéficié des missions géologiques et minières « Borkou-Tibesti-Ennedi » de 1954 et 1956. Ces missions nous ont valu les travaux de A. Bonnet, J. M. Freulon, B. Gèze, H. Hudeley, A. F. de Lapparent, P. Vincent, P. Wacrenier, qui ont grandement amélioré nos connaissances sur le Volcanisme du Tibesti et sur les formations sédimentaires de l'Ennedi, du Mourdi et des Erdi.

Les études hydrogéologiques de J. Barbeau permettent de mieux comprendre l'allure de la cuvette tchadienne, dans sa partie orientale.

En 1957 et 1958, le Bureau Minier de la FOM a commencé la prospection d'indices d'étain et de tungstène signalés dans la région du Tibesti, prospection qui a donné lieu à une production totale de 22 tonnes de wolfram.

Actuellement, la seule matière minérale exploitée est le sel.

VALEUR DE LA PRODUCTION MINIÈRE DE L'AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE EN 1958

Diamants	100 000 carats	......	600 millions
Etain	31 tonnes	......	10 —
Or	738 kg	......	350 —
Plomb	6 300 tonnes	......	175 —
Wolfram	8,6 tonnes	......	1,5 —
Pétrole	500 000 tonnes	......	2 970 —

Soit un total de 4 milliards 106 millions de Fr métropolitains 1958.

R. Furon.

Nouvelles scientifiques

● *Virus du refroidissement.* — Depuis plus d'une douzaine d'années le Dr. Ch. Andrewes s'est livré en Grande-Bretagne à des recherches sur les virus responsables du refroidissement et dont les résultats sont rapportés par le « Scientific American ».

Déjà en 1953 son équipe de chercheurs avait réussi à cultiver un virus susceptible de provoquer les effets d'un refroidissement lorsqu'il était étudié sur des volontaires. Ce virus perdait cependant rapidement de sa virulence. Dans une nouvelle technique les virus sont cultivés sur un tissu néphrétique embryonnaire à 33° C (ce qui est une température nettement plus basse que les cultures habituelles qui se font à 37° C) et dans un milieu légèrement plus acide qu'à l'ordinaire. Dans ce milieu les cellules dégénèrent en 2 à 7 jours après l'inoculation du virus. La destruction des cellules peut être utilisée comme test de la présence de virus et l'on signale que des cellules de singes peuvent être utilisées à la place de cellules humaines.

● *Obtention de pressions extrêmement élevées.* — Une nouvelle presse hydraulique vient d'être mise au point aux Etats-Unis en vue d'obtenir des pressions extrêmement élevées. Les techniques utilisées jusqu'ici, par exemple pour la transformation du graphite en diamant, ne pouvaient s'appliquer qu'à des échantillons dont les dimensions étaient au maximum égales à celles d'une tête d'allumette. Cette nouvelle technique permet d'atteindre des pressions de l'ordre de 140 000 atmosphères sur un cylindre de 10 cm de longueur et de 12 mm de diamètre.

D'après le « Scientific American » l'appareil comprend une sphère hydraulique, quatre mâchoires agissant sur les quatre faces d'un tétraèdre. Ces mâchoires sont entourées d'une sphère de caoutchouc épais (15 cm d'épaisseur), le diamètre de la sphère étant de 62,5 cm. Cette première sphère est à son tour logée dans une autre, en acier, de 12,5 cm d'épaisseur et de 90 cm de diamètre. On comprime un fluide entre l'acier et le caoutchouc et on obtient une force de 2 500 tonnes sur chacune des mâchoires. On envisage un modèle plus grand pouvant exercer une force de 110 000 tonnes sur un tétraèdre susceptible de contenir une lame de turbine à gaz.

● *L'origine de l'Univers.* — D'après le « Scientific American » le Dr. J. H. Reynolds, de l'Université de Californie, a signalé que le xénon contenu dans une météorite étudiée contient une

proportion élevée de ^{129}Xe. Cet isotope est un produit de la dégradation de l'iode 129, dont la demi-période est de 17 millions d'années, et qui a depuis longtemps disparu du système solaire. Une certaine quantité devait encore exister lors de la formation de la météorite et il en est résulté le xénon 129.

Si l'on suppose que tous les éléments de la galaxie ont été formés simultanément au cours d'une seule explosion et que ^{129}I ait été aussi abondant à l'origine que l'isotope stable 127 on peut calculer le temps écoulé entre l'origine des éléments et la formation de la météorite. On trouve ainsi 350 millions d'années. D'autres éléments permettent de dater les météorites à 4,6 milliards d'années, c'est-à-dire que d'après cette théorie les éléments datent de 4,95 milliards d'années (4,6 + 0,35) et que le système solaire a son origine dans les 350 millions d'années suivantes.

Cette découverte est cependant loin de résoudre le problème de l'origine de l'Univers. Les détracteurs de la théorie de l'explosion première pensent que l'origine de météorites, dont l'âge est supérieur aux 5 milliards d'années de cette théorie, vient au contraire étayer l'hypothèse d'une création progressive par réaction nucléaire dans les étoiles durant une période de milliards d'années avant la formation du système solaire.

● *Coopération scientifique.* — Le Comité international des Unions scientifiques vient de créer un Comité International de Géophysique dont la présidence a été confiée au géophysicien soviétique V. Beloussov. L'un de ses premiers objectifs est d'effectuer un relevé du magnétisme terrestre en des points répartis sur toute la surface du globe. Ce travail doit être effectué en 1962-63 à cause du minimum d'activité solaire, et partant, d'une moindre perturbation due aux orages magnétiques et aux éruptions à la surface du soleil.

Un autre travail qui doit être entrepris durant la même période est relatif à l'océanographie physique, la faune et la flore marines du moins connu des océans, l'Océan Indien.

Enfin un autre Comité a été également créé : il est relatif aux recherches spatiales. Il aura à sa tête H. C. Van de Hulot (des Pays-Bas) aidé de trois délégués occidentaux et de trois délégués des Pays-Bas.

(D'après le « Scientific American ».)

● *Un nouvel alliage de tantale.* — « Chemical and Engineering News » nous fait savoir que la Société « Stauffer-Temescal », de Richmond (Californie), a mis au point un alliage renfermant 90 % de tantale et 10 % de tungstène, susceptible de résister à des températures allant de — 128° C à 2 870° C. Cet alliage se caractérise par sa teneur extrêmement faible en impuretés, en particulier en carbone, oxygène et azote. Il peut être

forgé dans l'air à 1 000° C, peut être soudé par les techniques habituelles dans un arc inerte et se laisse travailler sans précautions particulières à l'aide des machines-outils. La production actuelle est de 6 tonnes par mois ; elle doit incessamment être portée à 10 tonnes. Le prix est voisin de 500 NF le kg.

● *La production de Pétrole du Bassin parisien.* — La production pétrolière du Bassin parisien, qui s'est élevée l'an dernier à 220 000 tonnes, atteint actuellement la cadence quotidienne de 1 500 mètres cubes, équivalant à une production annuelle de 450 000 tonnes.

Ces résultats sont le fruit d'efforts intensifs menés par cinq compagnies, surtout depuis la découverte du champ de Coulommes par Petrorep en février 1958. Au total 81 puits ont été forés, dont 68 sont producteurs.

Des cinq gisements découverts à ce jour, le meilleur est celui de Coulommes (600 à 650 mètres cubes par jour). Viennent ensuite celui de Saint-Martin-de-Bossenay (400 à 450 mètres cubes par jour) et celui de Chailly-Chartrettes (280 mètres cubes par jour). Les champs de Villemer et de Châteaurenard fournissent respectivement 80 et 60 mètres cubes par jour.

(*Le Monde*, 2 mai 1960.)

● FRANCE. *Production de pétrole en 1959.* — La production du pétrole a atteint 3 650 000 tonnes en 1959, dont 1 600 000 pour la métropole, 1 200 000 pour le Sahara et 750 000 pour le Gabon. L'entrée en service du pipe-line Hassi-Messaoud-Bougie au début de décembre a marqué un tournant décisif dans l'exploitation saharienne.

La production de gaz naturel de Lacq, de son côté, est passée de 1 à 2,5 milliards de m³.

● SAHARA. *L'eau à Touggourt.* — Le sondage que la Compagnie métropolitaine et africaine de forage a installé aux portes de Touggourt a atteint la nappe d'eau à la profondeur de 1 700 m. La colonne d'eau arrive à la surface avec un débit de 370 litres par seconde et à une pression de 33 kg au cm².

La canalisation dirige le débit vers les canalisations de la ville de Touggourt qui, pour la première fois de son existence, sera ainsi normalement alimentée en eau potable, et vers les 400 ha de palmeraies nouvelles.

● *Outils préhistoriques.* — Le privilège de l'utilisation d'outils semble devoir être étendu de l'*homo sapiens* à l'Australopithèque, véritable homme-singe dont un squelette a été découvert il y a onze ans à Makapasgat, en Afrique du Sud.

L' « American Journal of Physical Anthropology » rapporte les travaux du Dr. R. A. Dart qui a montré comment l'australopithèque se fabriquait un outil en cassant un tibia avec la pointe d'une pierre et en tordant les parties lamelliformes ainsi obtenues. On a trouvé un outil tranchant muni d'un manche et qui était constitué par un fragment de tibia, obtenu comme on vient de le voir, et emboîté dans un métatarse.

● *Le sauvetage des antiquités de la haute vallée du Nil.* — L'UNESCO a pris en mains le sauvetage des antiquités égyptiennes se trouvant dans le site du nouveau barrage d'Assouan en Haute Egypte. La région menacée s'étend sur 500 km entre Assouan et la troisième cataracte du Nil. Elle comprend les temples de Ramsès II à Abu Simbel.

Afin d'encourager au maximum les fouilles avant l'inondation de la région et afin de faciliter le transport dans des lieux plus sûrs des trésors existants ou restant à découvrir, le Gouvernement de la République Arabe Unie a, contrairement à son habitude, autorisé les missions archéologiques à conserver la moitié du produit de leurs fouilles.

● *Les mystères des fonds océaniques.* — On sait depuis quelques dizaines d'années qu'une chaîne montagneuse sous-marine, longue de 70 000 km, traverse les océans, à l'exception du Pacifique nord. Des données séismologiques montrent que cette chaîne est d'origine volcanique et non sédimentaire. D'après un rapport de W. Maurice Ewing, du « Lamont Geological Laboratory », cette chaîne résulte de courants de convection dans la croûte terrestre. D'autre part Bruce C. Herzen, du même laboratoire, attribue ces craquements à l'expansion du globe, résultant vraisemblablement d'une diminution de la force de gravité.

Toujours en ce qui concerne les fonds océaniques, d'après le « Scientific American », des océanographes australiens ont signalé l'existence dans l'Océan Indien, d'un fossé de 15 à 30 km de largeur, parallèle à la chaîne montagneuse, sur 400 km de longueur et à 1 250 km à l'Ouest.

● *L'âge de la Terre.* — De nouvelles données semblent confirmer que l'âge du globe est de l'ordre de 4,5 milliards d'années, d'après l'estimation de l'âge de certaines météorites, formées pense-t-on en même temps que la Terre.

De nouveaux essais de datation par la méthode Uranium-Plomb ont été effectués sur des échantillons provenant de roches trouvées en Afrique du Sud, et donnant une ancienneté d'au moins 4 milliards d'années. Jusqu'ici la roche la plus ancienne avait été trouvée en U.R.S.S., près de Mourmansk, et avait donné 3,4 milliards d'années.

Ces résultats ont été communiqués par A. L. Hales, du « Bernard Price Institute » de Johannesburg, au cours d'une réunion de l'Académie des Sciences de New-York.

D'autres données du même ordre conduisent à une chronologie révisée qui est la suivante : le début du cambrien est reporté à 600 millions d'années (au lieu de 560) ; le dévonien à 360-400 millions ; le permien est reculé et allongé de 50 millions ; le triasique a été fixé à 190 millions d'années. Toutes ces datations ont été obtenues d'après les désintégrations de l'Uranium 238, du Rubidium 87 et du Potassium 40.

● *Résistance aux antibiotiques.* — On sait que certaines bactéries développent rapidement une résistance aux antibiotiques qui rend, dans certains cas, leur utilisation plus difficile et moins efficace. Le « Scientific American » nous informe que le Dr. Mary Barber, du « Hammersmith Hospital », de Londres, vient de réussir à inverser cette résistance, de manière à rendre de nouveau les bactéries sensibles aux antibiotiques. Le procédé utilisé a été le suivant. On applique d'abord deux doses complètes de l'antibiotique, l'une étant du type tétracycline ou chloramphinicol, et l'autre étant constituée soit par de l'érythromycine, soit par de la novobiocyne.

Des essais ont été effectués sur 5 239 malades pendant une période de 15 mois. Au départ 88 % des staphylocoques prélevés étaient résistants à la pénicilline et 70 % à la tétracycline. Au bout de la période d'essai 36 % étaient résistants à la pénicilline et à la tétracycline, 16 % seulement étaient résistants à la pénicilline seule.

● *Les variations du niveau de la mer.* — Dans un important article paru dans « Scientific American », le Professeur Rhodes W. Fairbridge, de l'Université de Columbia, étudie les variations du niveau de la mer à la surface du globe.

Le Groenland et l'Antarctique constituent ce qui reste de la quatrième période glaciaire s'étendant depuis 500 000 ans jusqu'à nos jours. La fusion brutale de cette masse de glaces élèverait brusquement le niveau de la mer d'une centaine de mètres. Sans aller jusque là on sait que le niveau s'élève dans certaines parties du globe de 2 à 5 mm par an en moyenne, en particulier au niveau des boucliers canadien et scandinave. Cette montée est suivie et enregistrée régulièrement à l'Office international des Marées de Liverpool (Grande-Bretagne). Cette variation du niveau de la mer, par suite du réchauffement de la Terre, se répartit sur toute la surface du globe et se traduit par une élévation régulière de 1,2 mm par an, soit 12 cm par siècle.

D'autre part le fond des océans s'affaisse de 2,5 cm par siècle, la variation moyenne de la profondeur océanique se trouve cepen-

dant compensée par l'élévation de certaines plateformes continentales, telle que celle du Plateau du Colorado, qui s'est élevée de 600 m depuis le début de la période glaciaire actuelle.

En ne considérant que les 17 000 dernières années on constate que le niveau de la mer s'est élevé de 100 m pendant une période de 11 000 ans et que ce niveau est à peu près stable depuis 6 000 ans.

Dans la période de réchauffement qui est la nôtre, on explique la survivance des deux grandes masses glaciaires, l'Antarctique et le Groenland, par le fait qu'elles sont situées dans des dépressions encaissées entre des bords montagneux, la couche de glace atteignant par endroits une épaisseur de 3 000 m. Si ces deux calottes n'étaient pas ainsi retenues par des bords montagneux et par cette épaisseur considérable elles auraient fondu, subissant le sort des glaciers scandinaves.

● *Données récentes sur les satellites artificiels.* — Le « Scientific American » donne certaines précisions sur les satellites artificiels, parmi lesquelles on peut noter les suivantes.

Depuis le lancement de *Pionnier V*, *Tiros* et *Transit I B*, les véhicules spatiaux sont au nombre de 13, dont 10 gravitent autour de la Terre et 3 autour du Soleil.

Tiros suit une orbite presque circulaire et renvoie à la Terre des images télévisées d'une distance de 725 km. Il peut enregistrer et transmettre 120 images au cours de chacune de ses révolutions dont la durée est de 99 minutes. Son circuit électronique et son équipement fonctionnent parfaitement bien.

Pionnier V donne également toute satisfaction quant à son émetteur de 5 watts. Les renseignements transmis ont confirmé l'existence d'un courant annulaire de protons de faible énergie et d'électrons gravitant autour du globe à une distance de l'ordre de 40 000 km. D'autre part il existe une région de turbulence magnétique, le « vent solaire » de protons, émanant du soleil et arrivant à la rencontre du champ magnétique terrestre. Aux environs du 15 mai 1960 un nouvel émetteur de 150 watts doit se déclencher dans *Pionnier V*.

Vanguard I, ou *Pamplemousse*, fonctionne toujours. Il en est à sa 8 000ᵉ révolution et son orbite ne s'est déplacée que de 1 500 m environ. L'une des conclusions que l'on avait déduite des premiers renseignements fournis par *Pamplemousse*, et déjà signalée par la *Revue Générale des Sciences*, concernait la Terre qui devait avoir une forme en poire. Cependant certaines données sont, d'après « l'American Rocket Society Journal » compatibles avec une forme sphérique.



SCIENCES MATHÉMATIQUES

J. HAMILTON. — The Theory of Elementary Particles (The International Series of Monographs in Physics). — Un vol. 482 p., Oxford 1959, Clarendon Press : Oxford University Press. Prix : 75 s.

Ce volume expose les principales applications de la théorie quantique des champs à la description et à l'étude des interactions des particules élémentaires.

Le premier chapitre examine les propriétés d'invariance (invariance par rotation et invariance relativiste) des champs classiques.

Le second chapitre expose les méthodes de quantification des champs de bosons : pions neutres et chargés, électrodynamique quantique.

Après un exposé succinct au chapitre III des principaux caractères de l'équation de Dirac relative aux particules de spin 1/2 le chapitre IV développe la quantification des champs de fermions, leurs interactions et la théorie générale du spin isotopique.

Le chapitre V donne une vue d'ensemble de la théorie générale des phénomènes de diffusion (matrice S) en théorie quantique des champs et décrit les méthodes de renormalisation.

Le chapitre VI expose la théorie générale des opérateurs de Heisenberg et son application à l'étude de la diffusion pion nucléon puis la théorie générale des relations de dispersion.

Le chapitre VII rassemble et discute les règles de sélection relatives aux principaux processus de diffusion ou de désintégration des particules élémentaires.

Le chapitre VIII analyse d'une façon détaillée la description quantique des phénomènes de polarisation et de diffusion de particules polarisées.

Le chapitre IX revient sur les fondements de la théorie quantique des champs et discute notamment les principes de Schwinger et de Feynman.

Un appendice expose la théorie des fonctions de Green et rassemble les propriétés des fonctions invariantes de la théorie des champs.

G. PETIAU.

Louis ROBIN. — Fonction sphériques de Legendre eet fonctions sphéroïdales. — Préface de H. Villat.

T. 1, in-8° (16 × 25) XXV - 202 p. 1957 ;
T. 2, in-8° (16 × 25) VIII - 384 p. 1958 ;
T. 3, in-8° (16 × 25) VIII - 289 p. 1959.
(Collection Technique et Scientifique du C.N.E.T.). Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

Dans le domaine de l'analyse appliquée certaines fonctions jouent un rôle si manifestement préférentiel que les analystes les ont rassemblées sous le nom de fonctions spéciales. Un des types les plus remarquables de ces fonctions privilégiées est celui des fonctions de Legendre. Il est peu de problèmes de propagation d'ondes ou de mécanique quantique qui ne fasse pas appel à ces fonctions. Leurs propriétés mathématiques très diverses ont suscité un nombre considérable d'études. Toutefois, jusqu'ici deux ouvrages de synthèse seulement rassemblaient les propriétés de ces fonc-

tions, les « Spherical Harmonics » de Mac Robert et « The theory of spherical and ellipsoïdal Harmonics » d'Hobson, tous deux déjà anciens et très incomplets.

M. Louis Robin a réussi à faire beaucoup plus et beaucoup mieux en présentant une synthèse moderne susceptible de servir de guide indiscutable tant pour les travaux de mathématiques pures que pour les ingénieurs et physiciens dont les calculs doivent se poursuivre jusqu'aux valeurs numériques précises. Il a rassemblé et condensé une documentation énorme et ceci l'a conduit souvent à établir des résultats nouveaux importants complétant les solutions de problèmes négligés ou oubliés. L'importance du sujet traité, la méthode de reconstruction méthodique suivie devait conduire à un exposé d'une ampleur exceptionnelle. M. Robin a écrit un traité en trois volumes.

Le premier volume après la Préface de M. Henri Villat, un avertissement relatif aux notations, une introduction et vue d'ensemble sur le Traité complet contient trois chapitres.

Le premier chapitre introduit l'équation différentielle des fonctions de Legendre associées par séparation des variables dans l'équation de Helmholtz, puis étudie les propriétés les plus simples de polynomes de Legendre (Pn (μ) et pour n et m entiers, (n o)

Le chapitre III étudie les harmoniques sphériques de degré entier positif, négatif ou nul. Des annexes donnent les expressions des premières de ces fonctions et des valeurs particulières.

Le tome II contient les chapitres (IV), (V) et (VI).

Le chapitre IV étudie les fonctions associées de Legendre de type général (définitions, développements en séries, représentations intégrales, relations de récurrences, cas particuliers simples, intégrales définies renfermant des fonctions de Legendre, relations intégrales entre fonctions de Legendre et de Besset.

Le chapitre V étudie les valeurs approchées des fonctions de Legendre : développements asymptotiques de ces fonctions et inégalites simples qu'elles vérifient.

Le chapitre VI examine divers types de développements en séries : séries de polynomes de Legendre, séries de fonctions associées, développements divers, séries de polynomes de Laplace.

Le tome III contient les chapitres VII, VIII, IX et X.

Le chapitre VII établit une série de formules et théorèmes d'addition pour les fonctions de Legendre. Le chapitre VIII est consacré aux zéros des fonctions P (μ) et Ø (μ) et au calcul des racines de certaines équations associées.

Le chapitre IX étudie les applications des fonctions de Legendre dans des problèmes où les équations de Helmholtz et de Laplace sont séparées avec d'autres systèmes de coordonnées que les coordonnées sphériques, coordonnées de l'ellipsoïde de révolution allongé ou aplati, coordonnées toriques ; développements en séries de fonctions toriques, fonctions coniques de Mehler.

Le chapitre X complète l'étude des fonctions de Legendre par l'examen de classes de fonctions voisines : les polynomes et fonctions de Gegenbauer d'une part, les fonctions sphéroïdales d'autre part. Une liste des tables numériques des fonctions de Legendre termine ce volume.

G. PETIAU.

Cl. G. BACHET DE MÉZIRIAC. — Problèmes plaisants et délectables qui se font par les nombres. — 5[e] édit. revue, simplifiée, augmentée par A. Labosne (Avant-propos de M. J. Itard). Un vol. in-8 de 242 pages 14 × 18. A. Blanchard, Paris 1959. Prix : 9. N.F.

Paru en 1612, cet ouvrage, souvent réédité, voire accru depuis lors, est toujours fort estimé. Quelques démonstrations ont été ou bien simplifiées,

ou bien complétées suivant les cas. Par exemple, l'addition faite au problème des **carrés magiques** permet de s'initier à des solutions typiques, donnant déjà en vue des méthodes pouvant y contribuer. Illustrée d'un portrait de l'auteur, l'actuelle édition est rehaussée par la notice historique de M. Jean Itard. Après avoir noté que les pages du Supplément (181 à 242) ont été ajoutées à l'œuvre proprement dite, cet avant-propos relate, au sujet de la résolution en nombres entiers des équations du premier degré à deux inconnues, la haute estime que Lagrange avait des travaux de Bachet, « ne laissant rien à désirer du côté de l'élégance et de la généralité ».

G. BOULIGAND.

SCIENCES PHYSIQUES

CLOUPEAU (Michel). — Recherches expérimentales sur les ondes de choc produites par les décharges condensées dans les gaz rares. — Préface de M. Laporte. Publications scientifiques et techniques de l'Air nº 352, 62 p., 41 figures. Juillet 1959.

Dans ce fascicule M. Cloupeau après avoir rappelé les méthodes d'études et les caractéristiques générales des décharges condensées, décrit les techniques expérimentales qu'il a utilisées pour la production et l'étude des éclairs. Il montre comment les résultats qu'il a obtenu s'expliquent par l'application de la théorie des ondes de choc et sont en liaison avec l'existence de différents phénomènes provoqués par la propagation des ondes de choc dans un plasma.

G. PETIAU.

J. M. CORK. — Radioactivité et Physique nucléaire. — Traduit sur la 2ᵉ édition américaine par J. Bodet. — Un volume 422 p., 14 × 22, 192 figures, Paris, 1960. Dunod édit. Prix : 39 N.F.

J'ai déjà signalé ici l'excellent petit traité de physique nucléaire de J. M. Cork (Radioactivity and nuclear Physics). Pour tenir compte des nombreux progrès réalisés ces dernières années, l'auteur a été amené à compléter la première édition tant par des paragraphes additionnels que par un nouveau chapitre sur le noyau atomique et ses modèles. Cette nouvelle édition américaine vient d'être traduite en français par M. Bodet. On ne peut que recommander aux étudiants en physique et à tous ceux qui s'intéressent aux progrès des connaissances humaines sur la structure de la matière, la lecture de cet ouvrage d'une clarté d'exposition remarquable.

G. PETIAU.

C. GOUX. — Guide de thermométrie. — Préface de M. Allard, 232 pages, Eyrolles et Gauthier-Villars, édit., Paris. 1959.

Cet ouvrage a pour but de rendre familières aux industriels, techniciens et chercheurs toutes les actions relatives à la mesure des températures.

Extrait de la table des matières : Méthodes de mesure. — Echelles de température : basées sur une substance particulière, thermodynamiques, internationale de température de 1948. — Choix d'une méthode : conditions métrologiques, domaines, précision, temps et réponse, répartition des mesures dans le temps, conditions géométriques, milieu, exploitation des mesures leurs combinaisons. — Réalisation des mesures : principes, techniques, erreurs, étalonnages, technologie.

GUILLIEN (Robert). — Physique nucléaire appliquée. — Préface de Jean Debiesse. Un volume 16 × 25, 666 p., 204 figures. Eyrolles édit., Paris, 1960. Prix : 83 N.F.

Cet ouvrage qui développe un enseignement destiné aux élèves ingénieurs de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique de Nancy est le meilleur traité actuel présentant l'ensemble de la physique nucléaire orientée vers ses applications pratiques et notamment le génie atomique. Il rendra les plus grands services tant aux élèves ingénieurs des écoles techniques qu'aux étudiants des facultés des sciences pour lesquels il constitue une très bonne introduction aux enseignements spécialisés.

Dans la première partie M. Guillien a rassemblé des éléments de physique atomique : structure discontinue de la matière, et de l'électricité, étude des principaux types de spectrographes de masses et applications, structure discontinue du rayonnement, éléments de mécanique ondulatoire, étude des atomes et quantification, isotopes et classifications atomiques.

La seconde partie étudie les particules élémentaires et le noyau atomique : méthodes et appareils de détection des particules (compteurs et chambres), caractéristiques des particules et mécanique, classification et description des différents types d'accélérateurs de particules, caractère physique des noyaux atomiques (formes, dimensions, moments magnétiques), modèles nucléaires, énergétique interne des noyaux.

La troisième partie qui constitue la partie principale du livre est consacrée à l'étude de l'énergie nucléaire et de ses applications. M. Guillien examine successivement les caractères de la radioactivité naturelle, les propriétés des rayonnements α, β et γ, la radioactivité artificielle, les transmutations nucléaires provoquées, la fission, les réactions en chaînes. Il décrit ensuite d'une façon très complète les principaux types de réacteurs et les problèmes de technologie correspondants, puis étudie le ralentissement et la diffusion des neutrons, la théorie approchée des réacteurs homogènes et hétérogènes, le contrôle des réacteurs, la protection contre les rayonnements, les applications des isotopes radioactifs et des radiations.

Deux chapitres importants terminent l'ouvrage : Une étude sur l'avenir de l'énergie nucléaire et les recherches sur la production d'énergie thermonucléaire par fusion, un exposé sur l'effort atomique français, ses réalisations et son programme de travail.

De très nombreuses références, une excellente bibliographie et un index complètent l'ouvrage.

G. PETIAU.

J. LEWIS et R. G. WILKINS. — Modern Coordination Chemistry. — Un volume cartonné 16 × 23 cm, 481 pages. Interscience Publishers Inc., London, 1960. Prix 80 $.

Cet ouvrage est le premier publié en Grande-Bretagne sur la chimie moderne des complexes et traite en six chapitres, chacun d'eux étant rédigé par un spécialiste, des principes et des méthodes d'étude des complexes.

F. J. C. Rossetti expose la thermodynamique des complexes des ions métalliques et de leur formation en solution. D. R. Stranks étudie les vitesses de réaction des complexes des métaux de transition. R.G. Wilkins et M. J. G. Williams traitent de l'isomérie des complexes, thermodynamique et applications à l'étude des ions complexes. T.M. Dunn a rédigé le chapitre sur les spectres visible et ultra-violet des composés complexes. Enfin F.A. Cotton étudie les spectres infra-rouge des complexes des métaux de transition.

L'ouvrage bien présenté, avec des figures claires et un texte agréable à lire, a le mérite de réunir en un seul volume un ensemble de travaux récents et dispersés sur la chimie des complexes et ses progrès considérables depuis les travaux de Werner en 1893.

R. DELBOURGO.

SCIENCES NATURELLES

André BIRRE. — Un grand problème humain : l'Humus. — Un vol. in-8 carré, 113 pages, nombreuses photographies. Paris, 1959, Publ. Organisation scientifique pour l'Entretien de la Vie, 4, rue de Cérisoles. Prix : 5 N.F.

Ce livre n'est pas un précis d'agriculture. Il s'adresse tout autant aux citadins qu'aux ruraux, car la permanence de l'humus nous intéresse tous. L'humus fait partie de cet équilibre naturel que l'homme ne peut détruire sous peine de mort par famine. On sait que l'homme a déjà provoqué l'érosion des sols cultivables et cela dans une proportion alarmante. Le reste doit être sauvé et la question de l'humus prend toute son importance. L'auteur montre le parallélisme inquiétant entre l'introduction de la mécanisation et de la chimie dans l'agriculture et le développement des « maladies de la civilisation ».

L'ère atomique et interplanétaire ne dégage pas l'homme de la Biosphère à laquelle il appartient. Il faut donc revenir à des notions saines sur l'équilibre traditionnel qui assure seul la santé de l'homme et des animaux domestiques. Le livre est rempli d'exemples saisissants montrant bien la nécessité de la fumure organique des sols. C'est un livre de bon sens, le message d'un praticien. Puisse-t-il être entendu. Nous lui souhaitons une grande diffusion.

R. FURON.

G. GAMOW. — Naissance et mort du Soleil. — Un vol. in-8, 176 pages, 68 figures. Paris, 1960, Dunod éditeur. Prix : 7,20 N.F.

Nous avons rendu compte, précédemment de la « Biographie de la Terre » du même auteur. Ici, G. Gamow nous emmène plus loin et nous explique le Soleil. Il nous est démontré que l'énorme quantité d'énergie rayonnée par le Soleil provient de la transmutation de ses éléments chimiques, ce qui lui assure une vie de plusieurs milliards d'années. Qui pis est le rayonnement solaire augmentera lorsque l'Hydrogène sera sur le point de manquer et ce sera la fin de la Terre.

Les chapitres suivants nous entraînent dans le monde interstellaire, avec ses énigmes initiales. Les étoiles sont des gouttes de gaz cosmique condensé et les planètes guère de plus. Ce livre, bien traduit et mis à jour par Mme A. Guéron, est bien illustré de dessins et de photographies qui facilitent la compréhension du texte, toujours facile à lire.

R. FURON.

R. E. SNODGRASS. — The anatomical life of the Mosquito. — Smithsonian miscellaneous collections, vol. 139, n° 8, 87 p., 30 fig., Washington. Nov. 1959.

Traduit littéralement : « la vie anatomique du Moustique », ou même, plus librement : « l'anatomie biologique du Moustique », ce titre risque de surprendre le lecteur français. Il n'en apparaît pas moins très approprié lorsqu'on a pris connaissance de cette monographie, présentée avec la clarté de style et d'illustration qui caractérise les travaux de R. E. Snodgrass.

Ce dernier, passant ici en revue successivement la larve, la pupe et l'imago chez plusieurs importantes espèces de Moustiques, en fait une étude détaillée qui porte principalement sur la forme externe et les organes internes. L'orientation biologique de l'ouvrage résulte de l'angle « fonctionnel » sous lequel sont considérés les caractères morphologiques et anatomiques. En outre, plusieurs paragraphes résument les phénomènes biologiques les plus importants de la vie des Moustiques.

Riche en pertinentes remarques générales sur les stades de développement, la métamorphose, l'adaptation, etc., ce travail intéressera tous les entomologistes. Il sera bien entendu particulièrement utile à tous ceux, qui à un titre quelconque, doivent s'occuper des Moustiques. J. CARAYON.

R. TOCQUET. — La Vie sur les Planètes. — Un vol. de la collection Microcosme (Rayon de la Science), 189 pages, nombreuses illustrations. Paris, 1960, Editions du Seuil. Prix :

Le roman policier et la science-fiction ne sont nullement à dédaigner, mais la science tout court nous offre bien mieux si l'auteur est de qualité. M. Robert Tocquet nous apporte un petit livre passionnant. Lui aussi commence par l'origine de la Vie sur la Terre, évoque le vieux temps (il y a 4 ou 5 milliards d'années), le moment où la première gelée organique se forma dans les océans primitifs. On passe aux Virus, puis à la matière vivante toujours si mystérieuse, malgré le travail acharné des hommes de laboratoire. La Terre ne laissant plus subsister beaucoup d'énigmes, nous passons sur la Lune, astre mort et bien mort, sur lequel l'homme aura bien du mal à survivre, lorsqu'il s'y aventurera.

Mars est remarquablement bien connu et il semble que les conditions physico-chimiques qui y règnent autorisent des formes de vie comparables à celles de la Terre, mais devant se protéger contre la disparition progressive de l'eau et de l'oxygène.

Jupiter et Saturne présentent de mauvaises conditions et les autres planètes du système solaire ne sont pas bien connues.

Notre Galaxie n'étant qu'une spirale parmi les 100 milliards d'Univers-îles qui renferment chacun plusieurs milliards d'étoiles, les possibilités de Vie restent immenses, puisque notre système solaire qui ne comprend que 9 planètes principales, la Terre, Mars et Vénus offrent des possibilités.

R. FURON.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'U.R.S.S. — The other Side of the Moon. — Traduit du russe par J. B. Sykes. Un vol. cartonné in-8, 36 pages, 8 figures. 1960, Pergamon Press édit., Paris, Oxford, Londres, New York. Prix : 10 sh. 6 d.

C'est le 4 octobre 1959 que l'Union Soviétique a envoyé une station automatique interplanétaire photographier la face inconnue de la Lune. De cet exploit extraordinaire, l'Académie des Sciences d'U.R.S.S. rend compte dans ce petit livre illustré de 3 photographies transmises par la station automatique commandée de la Terre. C'est donc un **document historique** et une **préface** aux nouvelles techniques d'exploration interplanétaire.

R. FURON.

Charles-Léopold MAYER. — *La sensation crée la Vie.* — 1 vol. in-8, 142 p. Paris, 1959, Marcel Rivière éditeur (Prix : 6,50 NF).

Un curieux petit livre. Nous savions bien, depuis Epicure, que toutes les idées viennent des sensations, mais l'auteur va plus loin et veut nous montrer le rôle de la Sensation sur l'origine même de la Vie, sur son développement, sur la pensée et la philosophie.

On sait la difficulté d'une définition de la Vie et tout le trouble qu'ont apporté les Virus aux biologistes. M. Mayer dit qu'entre certaines nucléo-protéines synthétiques et les composants d'une cellule vivante, il n'existe d'autre différence essentielle que l'irritabilité, la capacité de sentir. Cette irritabilité élémentaire de la cellule est le phénomène mécanique le plus caractéristique de l'être vivant, puisqu'il en détermine toutes les activités. L'activité d'une Bactérie est dirigée par son irritabilité. Les Virus sont-ils doués d'irritabilité ? Qu'appelons-nous des tropismes ? L'auteur pense qu'il sera possible de synthétiser de la matière vraiment vivante, sensible.

M. Mayer passe de là à des considérations philosophiques et morales, aboutissant à cette conclusion que « non seulement la Sensation crée la Vie, mais que c'est elle aussi qui est la génératrice de nos pensées et de nos morales ». « Dans un monde sans objet... œuvre fortuite de circonstances exceptionnelles et passagères, l'Homme, misérable à la dimension de l'Univers, est cependant grand, comme l'a dit Pascal, par la pensée. Celle-ci est son œuvre. »

R. FURON.

A. PIRIE. — *La menace radioactive.* Préface de B. RUSSEL; traduction par L. CHOPARD. 1 vol. in-8, 150 pages, 14 fig. Paris, 1959, Dunod éditeur (Prix : 9,50 NF).

Chaque génération est accablée de difficultés, mais la nôtre est menacée de mort subite ou de mort lente par les membres du « Club atomique ».

Sous la signature de A. Pirie, neuf spécialistes britanniques, appartenant à des disciplines diverses, ont étudié le danger des radiations, l'importance des retombées radioactives postérieures aux explosions nucléaires.

On verra dans ce livre les effets dangereux des radiographies répétées sur les femmes enceintes et leurs enfants, les morts provoquées chez les pêcheurs japonais par les expériences américaines, la destruction du poisson par les mêmes explosions expérimentales, puis des retombées radioactives. Les auteurs soulignent à nouveau le danger du Strontium 90 que l'on décèle maintenant dans la végétation et dans le lait. Leucémies, cancers des os, naissances monstrueuses, stérilisation, dégénérescence, tels sont les maux dont nous sommes menacés. Les différents aspects de la question sont abordés et montrent clairement au lecteur le danger qui le guette, si les « essais » continuent.

Il semble malheureusement, qu'en dehors du Japon, il n'y a pas d'opinion publique suffisamment dressée contre ces génocides prémédités.

Le signataire ne peut que répéter la phrase du Dr. A. Schweitzer : « Mon sentiment le plus profond est que je ne désire pas être complice d'une vaste atrocité qui menace le monde d'un désastre accablant ».

R. FURON.

Robert SELLIER. — *Les Insectes utiles.* — Un vol., 286 p. 75 fig.. — Payot, édit., Paris, 1959.

Contrairement aux Insectes nuisibles, sur lesquels existe une abondante documentation générale, les Insectes utiles n'avaient jamais encore fait l'objet d'un ouvrage d'ensemble. Hormis l'abeille et le ver à soie, ils sont généralement méconnus du grand public, et leur importance est fréquemment sous-estimée, parfois même par des praticiens de l'Entomologie appliquée.

Cette importance est parfaitement mise en lumière dans le livre de R. Sellier. Réduisant, avec raison, à l'essentiel le chapitre traitant de l'apiculture et de la sériculture, l'auteur a beaucoup plus largement développé ceux concernant les aspects moins connus, mais non moins intéressants de l' « utilité » des Insectes. Il insiste sur leur rôle comme agents pollinisateurs et assainisseurs, puis accorde une place prépondérante aux insectes prédateurs et parasites, auxiliaires de l'agriculture. Les caractères biologiques très divers et souvent fort curieux de ces auxiliaires, ainsi que leur emploi éventuel dans la « lutte biologique » sont décrits en détails. On trouvera là un grand nombre d'informations du plus haut intérêt tant au point de vue théorique que pratique.

Enfin, l'excellent chapitre consacré à l'usage des Insectes comme aliments ou comme médicaments révèlera des faits surprenants pour beaucoup de lecteurs.

J. CARARYON.

N. THEOBALD et A. GAMA, *Stratigraphie.* (Préface de A. Obre). — 1 vol. in-8, 385 pages, 116 figures, 20 planches hors-texte. — Paris, 1959, G. Doin et Cie, éditeurs. — (Prix : 35 NF).

Cet ouvrage est destiné aux candidats aux grandes écoles (Institut agronomique, Ecoles d'Agriculture, Ecoles vétérinaires, Ecoles Normales supérieures). Sa rédaction représente un travail difficile et ingrat, car il s'agissait de touver une présentation un peu nouvelle, d'être à jour, d'intéresser le lecteur. Disons que les auteurs ont réussi.

Après un chapitre sur les méthodes, la série stratigraphique et développée : Précambrien, Infracambrien, etc... Chaque chapitre comporte un historique, des définitions, des descriptions régionales, des éléments de paléogéographie et une bibliographie sommaire. Les Hominiens fossiles auraient pu trouver leur place, aussi bien que la mer ouralienne lorsqu'il est question des liaisons Europe-Asie, mais il ne s'agit pas d'un Traité et il faut se tenir pour fort aise d'avoir des ouvrages d'enseignement de cette qualité. Ce volume est le troisième de la série « Géologie », qui se trouve ainsi complète, avec un total de plus de 1.200 pages.

R. FURON.

Jean THÉODORIDÈS, *Contribution à l'étude des parasites et phorétiques de Coléoptèrs terrestres.* — Actualités scientifiques et industrielles, 1217. Un vol. 310 p., 57 fig. Hermann édit., Paris, 1955 (paru en 1956). — Prix : 16 NF).

Cet ouvrage ne constitue pas une revue générale du sujet, mais consigne les résultats d'observations parasitologiques faites par l'auteur sur 2.000 Coléoptères. Ces derniers, récoltés pour la plupart dans le Roussillon, appartiennent à 169 espèces se rangeant surtout parmi les *Scarabæidæ*, les *Tenebrionidæ* et les *Chrysomelidæ*. Ce matériel, minutieusement et méthodiquement exploité, a fourni à Théodoridès des parasites et phorétiques extrêmement nombreux et divers ; aussi a-t-il été indispensable d'en limiter l'étude aux groupes les plus importants : Protozoaires, Sporozoaires, Helminthes (Cestodes, Nématodes), Acariens, Insectes entomophages, Champignons entomophytes.

Des deux parties très différentes que comporte cet ouvrage, la première et la plus développée, représente une étude systématique des parasites et phorétiques récoltés. De très nombreuses données nouvelles et des descriptions d'espèces inédites y figurent ; elles témoignent de l'ampleur du travail effectué, et intéresseront surtout les spécialistes des différents groupes étudiés. La richesse de la documentation nouvelle apportée dans les divers chapitres de cette première partie est inégale. Ainsi les exposés consacrés aux Protozoaires et aux Nématodes sont parmi les plus

importants et les plus détaillés. En revanche, on est un peu surpris devant le petit nombre des insectes entomophages rencontrés au cours de ce travail.

D'intérêt plus général, la seconde partie de l'ouvrage est surtout consacrée aux rapports des parasites et phorétiques avec leurs hôtes, L'auteur s'est efforcé là, de présenter le parasitisme sous l'angle écologique. Il considère le Coléoptère-hôte comme repésentant pour ses parasites ou phorétiques un ensemble de divers micromilieux, dont il tente de préciser les caractéristiques. La chapitre XIV rassemble et synthétise d'heureuse façon les données des chapitres antérieurs. L'auteur étudie ensuite divers sujets généraux : intensité et facteurs d'infestation, spécificité parasitaire, rapports biogéographiques entre les Coléoptères et les organismes associés, enfin importance pratique et sur le plan de la biologie générale des parasites de Coléoptères.

Riche en données nouvelles et en idées originales, complété par une abondante bibliographie, l'important ouvrage de Théodoridès intéressera non seulement de nombreux spécialistes systématiciens, mais encore un large public de biologistes, de parasitologistes et d'entomologistes.

J. Carayon.

Studies in Invertebrate morphology. — Un vol. 416 p., nombreuses fig. et planches. — Smithsonian Misc. Coll., vol. 137, Washington, 1959.

A l'occasion du 85e anniversaire du Professeur R. E. Snodgrass, dont les ouvrages sur la morphologie des Arthropodes sont aujourd'hui classiques, plusieurs de ses collègues et anciens disciples ont rédigé, en hommage à ce maître universellement réputé, les 18 mémoires qui sont rassemblés dans le présent volume avec une présentation particulièrement soignée.

La plupart des sujets traités concernent eux aussi la morphologie des Arthropodes, considérée, suivant l'exemple de R. E. Snodgrass, soit du point de vue de la signification fonctionnelle, soit sous l'angle de l'évolution.

Une mise au point très remarquable à cet égard est celle de G. Grandi, sur les problèmes de l'adaptation morphologique chez les Insectes. D'autres études importantes qui portent notamment sur les articles basaux des pattes chez les Crustacés Malacostracés et les Insectes (Carpentier et Barlett), la musculature spinasternale des Insectes (Chadwick), l'entognathie chez certains Aptérygotes (Tuxen) aboutissent à d'intéressantes conclusions sur la phylogénie des Insectes ou les rapports entre ces derniers et les groupes voisins d'Arthropodes.

A ceci s'ajoutent quelques bonnes monographies morphologiques : sur la tête des Onychophores (Butt) et celle des larves de Chironomidés (Gouin), sur un Acridien semi-aquatique d'Amérique du Sud (Carbonnel), sur la musculature thoracique de Diptères (Smart) et d'une Noctuelle (Treat).

Contrairement à ce que pourrait faire croire son titre général, ce volume contient aussi plusieurs importants mémoires ayant trait à la physiologie des Insectes, particulièrement celle du système nerveux, et à leur biochimie (formation des pigments de l'œil, maturation biochimique des imagos).

Tous les zoologistes liront également avec un vif intérêt les notices consacrées en tête de l'ouvrage à la carrière et aux travaux scientifiques de R. E. Snodgrass.

J. Carayon.

Le Gérant : R. CONSTANS.
Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — Dépôt légal : 3e trim. n° 6527.